

Ärende nr: Svk 2024/3012

2025-08-18

Förslag till hur el- och vätgasinfrastruktur kan samplaneras i Norrbottens och Västerbottens län

Rapportering av regeringsuppdrag

Svenska kraftnät

Svenska kraftnät är systemansvarig myndighet, med uppgift att på ett affärsmässigt sätt förvalta, driva och utveckla ett kostnadseffektivt, driftsäkert och miljöanpassat kraftöverföringssystem. Det omfattar ledningar för 400 kV och 220 kV med stationer och utlandsförbindelser. Svenska kraftnät utvecklar transmissionsnätet och elmarknaden för att möta samhällets behov av en säker, hållbar och ekonomisk elförsörjning. Därmed har Svenska kraftnät också en viktig roll i klimatomställningen.

Version 1
Org. nr 202 100-4284

Svenska kraftnät
Box 1200
172 24 Sundbyberg
Sturegatan 1

Tel: 010-475 80 00
Fax: 010-475 89 50
www.svk.se

Innehåll

Sammanfattning	4
1 Inledning.....	6
1.1 Om uppdraget	6
1.2 Genomförande	7
1.3 Rapportens struktur	7
2 Bakgrund	8
2.1 Behov av transmissionsnät för el och vätgas	8
2.2 Planering av transmissionsnät för el.....	9
2.3 Planering av transmissionsnät för vätgas	14
3 Metod för samplanering av el- och vätgasinfrastruktur.....	21
3.1 Integrerad planering av el- och vätgasinfrastruktur	21
3.2 Förutsättningar för en samhällsekonomiskt effektiv utbyggnad.....	25
3.2.1 Jämförelsealternativ	25
3.2.2 Samhällsekonomiska kostnader och nyttor.....	26
3.2.3 Skillnader mellan föreslagen metod för samplanering och jämförelsealternativ	27
3.3 Nästa steg	31
4 Plan för el- och vätgasinfrastruktur	33
4.1 Alternativ för utformning av långsiktig konceptuell målbild	34
4.1.1 Antaganden vid utformning av infrastrukturkoncepten.....	35
4.1.2 Alternativet med kombinerad el- och vätgasinfrastruktur	38
4.1.3 Alternativet med enbart elinfrastruktur.....	41
4.1.4 Lönsamhetsbedömning av de alternativa konceptuella målbilderna	44
4.1.5 Slutsatser och val av konceptuell målbild.....	51
4.2 Utveckling inom ramen för en tioårsplan	54
4.2.1 El och vätgasbehov	56
4.2.2 Beslutade åtgärder i transmissionsnätet för el och vätgas	58
4.2.3 Utvecklingsbehov inom tioårsperioden	59

Sammanfattning

Regeringen har gett Svenska kraftnät i uppdrag att föreslå hur el- och vätgasinfrastruktur kan samplaneras samt redovisa en plan för utbyggnad av el- och vätgasinfrastruktur på transmissionsnivå för Norrbottens och Västerbottens län. Svenska kraftnät bedömer att det ömsesidiga beroendet mellan el- och vätgasnät i ett energisystem med fossilfri vätgas innebär att det inte går att bygga ut den ena infrastrukturen utan att ta hänsyn till den andra. Eftersom el- och vätgasinfrastruktur delvis utgör substitut finns uppenbara samhällsekonomiska fördelar med en samplanering som säkerställer att överföringsbehoven för el- och vätgas kan mötas till lägsta samhällsekonomiska kostnad. Dessutom finns god potential för infrastrukturyperna att komplettera varandra genom de skillnader i bl.a. energiöverföringsförmåga, markintrång och framkomlighet som karaktäriserar dem. Det finns också potential till utveckling av ett mer effektivt och robust energisystem för el och vätgas om sektorsintegrationen dem emellan också inkluderar integration av infrastrukturen.

Svenska kraftnät föreslår en metod för samplanering som innebär en fullt integrerad planering av el- och vätgasinfrastruktur på transmissionsnivå. Metoden tar sin utgångspunkt i Svenska kraftnäts nuvarande process för utvecklingen av transmissionsnätet för el och förutsätter att en aktör ansvarar för planering och har beslutsansvaret för både el- och vätgasinfrastruktur på transmissionsnivå. Förslaget innebär en fullt integrerad samplanering och ger goda förutsättningar för en samhällsekonomiskt effektiv utbyggnad av el- och vätgasinfrastruktur på transmissionsnivå. Med den föreslagna metoden kan el- och vätgasinfrastruktur planeras teknikneutralt med fullständig information i syfte att effektivt möta samhällets behov.

Eftersom energiöverföringsinfrastruktur har långa genomförandetider och höga investeringskostnader är det inte lämpligt att enbart planera ur ett tioårsperspektiv. Svenska kraftnät har därför utarbetat en konceptuell målbild som har till syfte att visa hur el- och vätgasinfrastruktur skulle kunna utvecklas för att långsiktigt möjliggöra den pågående industriomställningen i Norrbottens och Västerbottens län. I framtagandet av den konceptuella målbilden har Svenska kraftnät övergripande undersökt två olika utbyggnadsalternativ: enbart elinfrastruktur och en kombinerad el- och vätgasinfrastruktur. Analysen baserades på flera antaganden om exempelvis tillkommande el- och vätgasproduktion. Alternativen har jämförts ur olika perspektiv, där bland

annat investeringskostnader och marknadsnytta överslagsmässigt har beräknats. Även andra faktorer som intrång, genomförbarhet och påverkan på energisäkerheten har vägts in i bedömningen.

Svenska kraftnät bedömer att en konceptuell målbild med både el- och vätgasinfrastruktur ger bäst förutsättningar att möta det behov av energileveranser som följer av en omfattande elektrifiering av befintlig och tillkommande industri i Norrbottens och Västerbottens län. Svenska kraftnät vill understryka att det finns stora osäkerheter i framförallt efterfrågan på vätgas som behöver beaktas i den faktiska infrastrukturutvecklingen.

Avslutningsvis redovisar Svenska kraftnät en plan för utbyggnaden under perioden 2026-2035. Planen utgår från den konceptuella målbilden men begränsas till de el- och vätgasledningar som bedöms vara realiserbara inom tioårsperioden. Planen innehåller två vätgasledningar, en från Skellefteå till Luleå och en från Porjus till Gällivare samt tre områden där förstärkningar av elnätet kan behövas: Gällivare-Svappavaara-Kiruna, Luleälv mot Porjus och förstärkning av Snitt 1.

Eftersom metodförslaget utvecklats parallellt och kommer kräva metodutveckling innan implementering är planen och den konceptuella målbilden inte ett resultat av en tillämpning av metoden. Planen ska inte heller förväxlas med den ordinarie nätutvecklingsplan som tas fram vartannat år. I slutet av 2025 publicerar Svenska kraftnät *Nätutvecklingsplan 2026-2035*. Vidare vill Svenska kraftnät framhålla att det inte ska tolkas som att det är Svenska kraftnät som nödvändigtvis ska bygga och finansiera de åtgärder som ingår i planen och målbilden. Planen och den konceptuella målbilden är framtagna inom ramen för detta uppdrag och utgör Svenska kraftnäts aktuella bedömning av en lämplig utbyggnad, utifrån de analyser som varit möjliga att genomföra inom uppdraget. Svenska kraftnät bedömer att det inte ingått i uppdraget att föreslå vilken eller vilka aktörer som ska genomföra utbyggnaden och på vilket sätt, utöver den metod, tioårsplan och konceptuella målbild som redovisas här.

1 Inledning

Regeringen har gett Svenska kraftnät i uppdrag att föreslå hur el- och vätgasinfrastruktur kan samplaneras samt redovisa en plan för utbyggnad av el- och vätgasinfrastruktur på transmissionsnivå. Detta är Svenska kraftnäts slutrapportering av uppdraget och innehåller ett förslag på metod för samplanering samt en plan för utbyggnad av el- och vätgasinfrastruktur på transmissionsnivå i Norrbottens och Västerbottens län för perioden 2026-2035.

1.1 Om uppdraget

Enligt uppdraget (KN2024/01431) ska Svenska kraftnät lämna förslag på hur el- och vätgasinfrastruktur kan samplaneras för att på ett samhällsekonomiskt effektivt sätt möjliggöra den pågående nyindustrialiseringen i Norrbottens och Västerbottens län samt redovisa en plan för utbyggnad av el- och vätgasinfrastruktur på transmissionsnivå för perioden 2024-2033. Förslaget och planen ska redovisas till Regeringskansliet (Klimat- och näringslivsdepartementet) senast den 16 augusti 2025.

När uppdraget utförs ska Svenska kraftnät inhämta synpunkter från Statens energimyndighet, Energimarknadsinspektionen, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap och Försvarsmakten samt vid behov andra berörda beredskapsmyndigheter. Svenska kraftnät bör också inhämta synpunkter från näringslivet, Sametinget, Energigas Sverige, berörda kommuner och regioner samt andra aktörer som är relevanta för uppdraget. Enligt uppdraget ska Svenska kraftnät ta sin utgångspunkt i sin nätutvecklingsplan för perioden 2024-2033 och beakta regeringens proposition Energipolitikens långsiktiga inriktning (prop. 2023/24:105). Svenska kraftnät ska också ta beredskapshänsyn så att samhällets energiförsörjning stärks i såväl fredstida kriser som under höjd beredskap.

Vidare anser regeringen att överföringssystem för el och vätgas på transmissionsnivå ska byggas samhällsekonomiskt effektivt. I Norrbottens och Västerbottens län finns parallella storskaliga planer på ny el- och vätgasinfrastruktur. Eftersom Svenska kraftnät är ansvarig för att planera, bygga och driva transmissionsnätet för el anser regeringen det lämpligt att myndigheten också beaktar och ansvarar för en parallell vätgasinfrastruktur i sin planering.

1.2 Genomförande

I genomförandet av uppdraget har Svenska kraftnät genomfört breda informationsinsamlingsinsatser, både nationellt och internationellt, för att utifrån relevant information kunna bedöma både behov och lämplig utformning av en samplanering av el- och vätgasinfrastruktur. Bland relevanta informationskällor finns bland annat transmissionsnätsföretag för el, vätgas och naturgas samt deras samarbetsorganisationer inom EU. Vidare har Svenska kraftnät genomfört intressentdialoger med aktörer relevanta för utbyggnaden av el- och vätgasinfrastruktur i Norrbottens och Västerbottens län samt relevanta myndigheter. Intressentdialogerna har skett genom både digitala möten samt skriftliga svar. Synpunkter och inspel redovisas inte separat i rapporten men har utgjort ett underlag för att komplettera och ge ett externt perspektiv på Svenska kraftnäts egna bedömningar.

I arbetet med planen för utbyggnad av el- och vätgasinfrastruktur på transmissionsnivå har Svenska kraftnät anlitat konsultföretaget DNV som bidragit med expertkunskap inom vätgassystem.

1.3 Rapportens struktur

I kapitel 2 beskrivs behovet och utbyggnaden av transmissionsnät för el och vätgas i Sverige. Det ges också en beskrivning av Svenska kraftnäts nuvarande process för planering av transmissionsnätet för el. Kapitlet avslutas med en övergripande beskrivning av hur planering och utbyggnad av vätgasinfrastruktur på transmissionsnivå sker på EU-nivå, hos våra nordiska grannländer och Tyskland. I kapitel 3 presenteras och motiveras Svenska kraftnäts förslag till metod för samplanering av el- och vätgasinfrastruktur på transmissionsnivå. Rapporten avslutas med kapitel 4 där en plan för utbyggnad av el- och vätgasinfrastruktur i Norrbottens och Västerbottens län redovisas.

2 Bakgrund

I detta kapitel beskrivs behovet av transmissionsnät för el och vätgas samt hur planeringen av den infrastrukturen hittills hanterats i Sverige. Vidare ges en översiktlig beskrivning av planeringen av transmissionsnät för vätgas på EU-nivå och i Danmark, Finland, Norge och Tyskland.

2.1 Behov av transmissionsnät för el och vätgas

Vätgas kan komma att spela en stor roll i Sveriges energiomställning genom att möjliggöra omställning inom sektorer som har svårt att minska utsläppen på annat sätt, som t.ex. inom järn-/stålindustrin och tunga transporter. I Energimyndighetens del- och slutrapportering av regeringsuppdraget att samordna arbetet med vätgas i Sverige (KN2023/02715) ges en utförlig beskrivning av behovet av vätgas och vilken roll den kan komma att ha i energiomställningen.

I Svenska kraftnäts långsiktiga marknadsanalys från 2024 visar högnivåscenarier att elanvändningen kan närma sig 350 TWh år 2045. Elanvändningen för produktion av fossilfri vätgas uppgår i dessa scenarier till 87 TWh, vilket är mer än hälften av Sveriges nuvarande årliga användning. En så omfattande ökning av behovet av el och vätgas kommer att kräva omfattande investeringar i transmissionsnät. Eftersom investeringar i överföringsinfrastruktur är kostsamma och långsiktiga är det viktigt att behoven möts så kostnadseffektivt som möjligt. Vidare är det, särskilt till följd av den ökade hotbilden efter Rysslands fullskaliga invasion av Ukraina, viktigt att tillräckliga beredskaps- och totalförsvvarshänsyn tas vid utbyggnaden av energiinfrastrukturen, så att samhällets viktigaste funktioner kan förses med energi även vid kris och krig.

Eftersom fossilfri vätgasproduktion genom elektrolys är mycket elintensiv kommer utbyggnaden av vätgasproduktion och vätgasinfrastruktur till stor del bero på var och när den kan anslutas till elnätet. Om det finns tillräcklig kapacitet i elnätet för att lokalisera fossilfri vätgasproduktion i nära anslutning till vätgasanvändningen minskar behovet av vätgasnät. Om ingen ledig elnätskapacitet finns behöver det tillföras lokal elproduktion eller elnät. Om vätgasproduktionen i stället placeras längre ifrån vätgasanvändningen, där det finns ledig kapacitet i elnätet, ökar behovet av vätgasnät samtidigt som behovet av elnät och lokal

elproduktion minskar. I syfte att förse kunder med fossilfri vätgas kan el- och vätgasinfrastruktur därför delvis betraktas som substitut. Det ömsesidiga beroendet mellan el- och vätgasinfrastruktur i ett energisystem med fossilfri vätgas innebär att det inte går att bygga ut den ena infrastrukturen utan att ta hänsyn till den andra.

Samtidigt som infrastrukturyperna till stor del är substitut finns egenskaper som skiljer dem åt. Bland annat kan vätgasledningar möjliggöra en större energiöverföring per ledning än om energin överförs i 400 kV-el nätet. Vidare finns skillnader i kostnader och framkomlighet. Jämfört med vätgasnät har elnät fördelen att användningsområdet och målgruppen för el överstiger den för vätgas, vilket innebär att en elledning enklare kan tjäna flera syften än en vätgasledning. Å andra sidan har vätgas en större lagringsförmåga än el, vilket kan innebära ökad robusthet för både el- och vätgassystemet samt möjligheter för ökad integrering av intermittent elproduktion.

Genom det fossilfria vätgassystemets starka beroende av el samt infrastrukturypernas olika kostnader och nyttor finns möjligheter att optimera utbyggnaden av energisystemet i sin helhet för största möjliga samhällsnytta. El- och vätgasinfrastruktur kan komplettera varandra i syfte att bygga ut ett samhällsekonomiskt effektivt energisystem. Det vill säga ett el- och vätgassystem som möter samhällets behov med största samhällsekonomiska lönsamhet.

2.2 Planering av transmissionsnät för el

Svenska kraftnät ansvarar för att bygga ut ett transmissionsnät för el i Sverige och förbindelser till andra länder. Investeringsbeslut om nätåtgärder grundas bland annat på samhällsekonomiska lönsamhetsbedömningar. Myndigheten planerar omfattande investeringar för att ersätta åldrande ledningar samtidigt som elsystemet anpassas för en ökad elanvändning. Under perioden 2026-2028 uppgår planerade investeringsutgifter i koncernen till cirka 57 miljarder kronor. I Norrbottens och Västerbottens län pågår ett omfattande investeringsprogram för att möjliggöra anslutning av flera elintensiva industrier. De regionala nätåtgärderna är organiserade inom de tre investeringspaketen Norrlandskusten, Malmfälten, Aurora Line (en ny förbindelse till Finland). Den totala investeringsvolymen för de tre paketen i sin nuvarande omfattning uppgår till uppemot 20 miljarder kronor men bedöms öka i takt med att fler projekt tillkommer.

Utvecklingen av transmissionsnätet sker genom en process som säkerställer att investeringar i infrastrukturen sker på ett effektivt, behovsstyrt och långsiktigt hållbart sätt. I figur 1 ges en övergripande bild över Svenska kraftnäts process för att identifiera och besluta om åtgärder i elsystemet.



Figur 1: Översiktlig bild av Svenska kraftnäts process för utveckling av transmissionsnätet från behov till beställning av åtgärd.

Nedan beskrivs processens huvudsteg.

Långsiktiga scenarier

Arbetet inleds med att formulera och fastställa ett antal långsiktiga scenarier för utveckling av energisystemet för el och vätgas. Dessa scenarier ska spegla olika möjliga framtida utfall baserade på faktorer såsom efterfrågeutveckling, elektrifiering av samhällsfunktioner, teknologiska framsteg och klimatpolitiska mål. Syftet är att skapa en robust planeringsgrund som kan hantera osäkerheter och ge vägledning för framtida behov i elnätet.

Som utgångspunkt för Svenska kraftnäts scenarier används olika antaganden om den framtida elanvändningen. Dessa antaganden bygger i stor utsträckning på inkomna ansökningar om ökat uttag från transmissionsnätet, men beaktar även Energimyndighetens långsiktiga scenarier för energisystemet. Arbetet med scenarier baseras i hög grad på systematiskt insamlad och analyserad omvärldsinformation, vilket ger en bred och faktabaserad förståelse för de trender och drivkrafter som kan påverka elnätets framtida roll och kapacitetsbehov.

Omvärldsanalysen omfattar bland annat politiska och regulatoriska faktorer, ekonomiska och industriella trender, demografisk, geografisk och teknisk utveckling samt klimat- och miljöfaktorer.

Svenska kraftnät publicerar regelbundet en långsiktig (LMA) och en kortsiktig (KMA) marknadsanalys. LMA innehåller Svenska kraftnäts långtidsscenarier för elsystemet och analyser rörande bland annat behov av nätkapacitet, effekttillräcklighet, systemstabilitet, elpriser och balansering. Under arbetet beaktas synpunkter från andra branschaktörer och myndigheter för att säkerställa att scenarierna är välförankrade och relevanta. För modellering av utvecklingen på europeisk nivå används de

gemensamma scenarier som tas fram av ENTSO-E¹ inom framtagandet av den tioåriga nätutvecklingsplanen (TYNDP). De fastställda scenarierna används därefter som underlag i behovsanalyser och strategiska beslut.

KMA innehåller en prognos för elsystemets utveckling för de kommande fem åren och bygger i huvudsak på kända planer och beslut. Liksom i LMA ingår också flera analyser av elsystemet. KMA utkommer årligen och LMA vartannat år.

Behovsanalys

Behovsanalysen syftar till att identifiera och beskriva framtida behov av kapacitet, robusthet och flexibilitet i elnätet. Arbetet utgår från de långsiktiga scenarier och tillhörande prognoser som fastställts i föregående steg, samt baseras på omfattande kraftsystemsinformation och driftdata. Syftet är att fånga in både strukturella och tidskritiska utmaningar i elsystemet i takt med att efterfrågan förändras, produktionen decentraliseras och nya användningsmönster växer fram. Analysen inkluderar såväl nuvarande som framtida behov och sker i samverkan med berörda intressenter, såsom elproducenter, industriaktörer och regionala nätägare. Ett exempel på behov är kapacitetsbristen mellan norra och södra Sverige som delvis hanterats och synliggjorts genom elområdesindelningen. Långsiktig utveckling av prisskillnader mellan elområden är en viktig indikator för behovet av elinfrastruktur.

De framtidsscenarier som tagits fram används för att modellera olika utvecklingsvägar för elanvändning, produktionsmix och geografisk fördelning. Detta omfattar till exempel ökad elektrifiering inom transport- och industrisektorn, integration av ny förnybar elproduktion, och regionalt varierande tillväxtmönster. Utvecklingsvägarna används för att kvantifiera belastningsnivåer, effektbehov och energiflöden över tid.

Registrerade planer för nyanslutningar av elproduktionsanläggningar, batterilager, elintensiv industri samt andra större elanvändare är centrala underlag i behovsanalysen. Dessa kompletteras med kommunala och regionala utvecklingsplaner samt information från elnätsföretagens investerings- och underhållsplaner.

¹ European Network of Transmission System Operators for Electricity.

Med hjälp av kraftsystemmodeller analyseras elnätets förmåga att leverera effekt och energi under olika driftfall och belastningssituationer. Kapacitetsbrister, spänningsproblem, flaskhalsar och begränsningar i överföringsförmåga identifieras och lokaliseras. Simuleringarna genomförs med hänsyn till både normaldrift och störningssituationer, vilket möjliggör en bedömning av försörjningstrygghet och redundans.

För att verifiera modellresultat och ge insikter om återkommande belastningsproblem eller brister i nuvarande nätstruktur används data från den faktiska driften av elnätet – såsom överförda energimängder, effektuttag, lastfördelning, driftstörningar och användning av tillfälliga åtgärder. Denna information används också för att identifiera trender och jämföra simulerade scenarier med verkliga förhållanden.

Resultatet av behovsanalysen är en kartläggning av var, när och i vilken omfattning det uppstår behov av nätförstärkningar eller andra åtgärder för att upprätthålla en säker, effektiv och hållbar elförsörjning. Analysen skapar därmed grunden för nästa steg i processen där behoven struktureras, prioriteras och förbereds för vidare utredning.

Behovsberedning

I behovsberedningen samlas, struktureras och prioriteras identifierade och inkomna behov av nätutveckling i syfte att avgöra vilka som ska föras vidare till undersökning av åtgärdsalternativ. Enskilda behov samordnas och paketeras för att undersöka åtgärdsalternativ som kan bidra till att möta flera behov i samma område. Behoven bedöms utifrån faktorer såsom samhällsnytta, kostnadseffektivitet, tidskritikalitet och påverkan på försörjningstryggheten.

Behovsberedningen baseras på en samlad genomgång av registrerade behov från behovsanalysen, internt initierade utredningsbegäranden, reinvesteringsplaner och inkomna anslutningsansökningar. Under behovsberedningen sker en systematisk prövning av alla behov utifrån ett antal kriterier, såsom:

- tidsperspektiv (akut, kort-, medel- eller långsiktigt behov)
- samhällsekonomisk och strategisk betydelse
- möjlighet till samordning med andra planerade åtgärder
- påverkan på överföringskapacitet, driftsäkerhet, försörjningstrygghet och klimatomställning
- genomförbarhet inom tillgängliga resurser och regelverk.

Syftet med behovsberedningen är att skapa en lista med prioritering av behov som bör utredas vidare. I vissa fall kan behov avslås, senareläggas eller slås samman med andra för att möjliggöra mer samordnade och effektiva lösningar. Utfallet utgör beslutsunderlag inför nästa steg i processen.

Undersökning av åtgärdsalternativ

Efter att behov har prioriterats och paketerats genom behovsberedningen genomförs en undersökning av möjliga åtgärdsalternativ för att hantera det aktuella behovet. Syftet med detta steg är att identifiera, analysera och jämföra lösningar som på ett ändamålsenligt sätt kan bidra till att säkerställa ett robust, effektivt och hållbart elsystem.

Inledningsvis klargörs det specifika behovets omfattning, bakgrund och tidsperspektiv. Detta inkluderar analyser av påverkan på kraftsystemet samt eventuella begränsningar i geografi, tid eller regelverk. I detta skede sker även, i den mån det är motiverat, samverkan med berörda aktörer, såsom nätföretag, myndigheter och marknadsaktörer.

Ett brett spektrum av möjliga åtgärder identifieras, vilket kan inkludera åtgärder av typen:

- Nätåtgärder: Förstärkning av befintligt nät, nybyggnation av ledningar eller stationer.
- Marknadsåtgärder: Åtgärder som utnyttjar flexibilitet via prissignaler, abonnemangsmodeller eller efterfrågestyrning.
- Systemåtgärder: Drifttekniska lösningar såsom ändrad nätkonfiguration eller förbättrad mät- och styrutrustning.
- Övriga åtgärder: Förändrade interna processer, ny samverkansmodell eller behov av ny standard eller regelutveckling.

De identifierade åtgärdsalternativen undersöks utifrån tekniska, ekonomiska, miljömässiga och samhällsekonomiska perspektiv. Vid utformning och undersökning av åtgärder tas också hänsyn till deras bidrag till civil beredskap och försörjningstrygghet inom energiförsörjningen. För komplexa behov används systemmodeller och samhällsekonomiska kalkyler för att jämföra alternativens samhällsekonomiska lönsamhet.

Utifrån analysen rekommenderas en eller flera åtgärder. Rekommendationen kan bestå av en enskild lösning eller en kombination

av åtgärder, exempelvis en mindre nätförstärkning kombinerad med marknadsbaserad flexibilitet.

Beställning av åtgärd

När ett åtgärdsalternativ har valts och beslutats baserat på undersökningen, initieras en formell beställning av åtgärden. Detta innebär att nödvändiga beslut fattas, finansiering säkras och genomförandet planeras. I det fall att åtgärden är en nätåtgärd kommuniceras den externt i samband med fattande av inriktningsbeslut, för att skapa förutsägbarhet för berörda intressenter.

Genom att beställa och därefter genomföra åtgärden avslutas processen, som därmed möjliggör att behov i elnätet möts med rätt insats i rätt tid – för ett effektivt, tillförlitligt och framtidssäkert elsystem. Vartannat år publicerar Svenska kraftnät en tioårig nätutvecklingsplan där nätåtgärder som övervägs eller har beslutats redovisas.

2.3 Planering av transmissionsnät för vätgas

Nedan beskrivs översiktligt planering och utbyggnad av vätgasinfrastruktur på transmissionsnivå på EU-nivå samt inom Sverige, Danmark, Finland, Norge och Tyskland.

Sammanfattningsvis pågår planering av vätgasinfrastruktur på transmissionsnivå i alla undersökta länder och på EU-nivå. Mellan länderna finns dock skillnader i ambition, framdrift och hur planeringen genomförs. Tyskland, Finland och Danmark har nationella volymmål för vätgasproduktion. Planeringen har kommit längst i Danmark och Tyskland, där de statliga insatserna förefaller varit mest omfattande.

I Danmark sker en samlad planering och utbyggnad av el-, naturgas- och vätgasinfrastruktur av den statligt ägda systemansvariga för överföringssystem (TSO) Energinet medan planeringen i Sverige, Tyskland, Finland och Norge hanteras av naturgasinfrastrukturföretag. För de senare länderna har Svenska kraftnät inte identifierat någon formell samplanering av el- och vätgasinfrastruktur. Det är enbart i Sverige ett helt privatägt företag planerar vätgasinfrastruktur utan någon större statlig inblandning.

EU-nivå

Vätgas är en del av unionens strategi för energiomställningen. Genom en revidering av gasmarknadsdirektivet EU 2024/1788, gasmarknadsförordningen EU 2024/1789 och förordningen om riktlinjer för transeuropeisk energiinfrastruktur EU 2022/896 har det tillkommit nya regler för utvecklingen av vätgasinfrastruktur och vätgasmarknader. Reglerna motsvarar i stora drag de för el- och naturgas. I Sverige har Energimarknadsinspektionen, på uppdrag av regeringen, föreslagit hur gasmarknadsdirektivet och gasmarknadsförordningen ska genomföras i svensk lagstiftning. Förslaget bereds på Regeringskansliet.

Enligt den nya EU-lagstiftningen ska det införas en samordnad planeringsprocess för transmissionsnät för vätgas, el och naturgas motsvarande den som redan etablerats för el- och naturgas. En samarbetsorganisation för vätgasnätoperatörer på transmissionsnivå ska inrättas och utföra motsvarande uppgifter som ENTSO-E och ENTSG² utför för el- respektive naturgasnät. Samarbetsorganisationen ska få namnet European Network of Network Operators for Hydrogen (ENNOH) och förväntas etableras under 2025.

Den gemensamma planeringen av transmissionsnät för el, naturgas och vätgas inom EU ska huvudsakligen ske genom framtagandet av icke-bindande tioåriga nätutvecklingsplaner. Arbetet ska genomföras av ENTSO-E, ENTSG och ENNOH. Varje samarbetsorganisation ansvarar för att ta fram en plan för sin infrastrukturtyp som är samordnad med de andras. Planerna ska uppdateras och publiceras vartannat år. För att ett projekt ska kunna ansöka om att få status som projekt av gemensamt eller ömsesidigt intresse och i förlängningen kunna söka EU-finansiering ur fonden för ett sammanlänkat Europa behöver det ingå i den tioåriga nätutvecklingsplanen.

Planeringsarbetet inleds genom framtagandet av gemensamma scenarier för energisystemet. Scenarierna ligger till grund för analyser om systemutvecklingsbehov och samhällsekonomiska lönsamhetskalkyler av olika infrastrukturutvecklingsprojekt. Scenarierna ska tas fram gemensamt av samarbetsorganisationerna medan varje organisation genomför analyserna för sin infrastrukturtyp.

I framtagandet av scenarierna simuleras den europeiska el-, naturgas- och vätgasmarknaden för att studera hur priser, produktion och flöden

² European Network of Transmission System Operators for Gas.

mellan olika länder utvecklas givet de scenarieförutsättningar som använts. Scenarierna bygger på antaganden om infrastrukturen i varje land som tas fram av de nationella systemoperatörerna, och innehåller bland annat förväntad el-, naturgas- och vätgasanvändning samt tillgänglig produktionskapacitet från olika kraftslag. Scenarierna ska vara förenliga med EU:s energipolitiska mål gällande exempelvis utsläppsminskningar, andel förnybar produktion och energieffektivisering.

Inom ramen för planeringsprocessen ska samhällsekonomiska analyser genomföras av de projektförslag som anmälts till ENTSO-E och ENTSG och ENNOH. Samarbetsorganisationerna tar fram och publicerar riktlinjer för samhällsekonomiska analyser som ska godkännas av Europeiska kommissionen. Grundprincipen för den samhällsekonomiska analysen är att energisystemet simuleras både med och utan det projekt som ska utvärderas för att kvantifiera projektets påverkan på olika indikatorer, såsom marknadsnytta, utsläpp, nätförluster och effekttillräcklighet.

Sverige

Det finns ännu inget transmissionsnät för vätgas i Sverige. I regeringens proposition 2023/24:105 Energipolitikens långsiktiga inriktning bedömer regeringen att fossilfri vätgas kommer utgöra en viktig del av Sverige framtida energisystem och att följande fyra principer ska styra statliga insatser för vätgas:

- Användningen av fossilfri vätgas ska bidra till omställningen till fossilfria energisystem och industriprocesser.
- Vätgasanvändningen ska fokusera på samhällsekonomiskt nyttiga tillämpningar där mer resurs- och kostnadseffektiva alternativ saknas.
- Vätgasproduktionen ska effektivt integreras med el- och värmesystem och bidra till en trygg energiförsörjning i Sverige.
- Vätgasinfrastruktur ska byggas ut på ett sätt som underlättar klimatomställningen och värnar Sveriges konkurrenskraftiga energipriser.

Nordion Energi, en energikoncern som bland annat äger den svenska TSO:n för naturgas Swedegas AB, har offentliggjort planer på att bygga vätgasinfrastruktur i norra Sverige. Planerna är nära kopplade till stålindustrins klimatomställning men också andra potentiella projekt som behöver fossilfri vätgas, exempelvis inom fossilfri ammoniak- och mineralgödselframställning samt tillverkning av elektrobränslen.

Tillsammans med den finska TSO:n för naturgas- och vätgas, Gasgrid Finland, har Nordion Energi påbörjat projekten Nordic Hydrogen Route

och Baltic Sea Hydrogen Collector. Nordic Hydrogen Route är en vätgasledning som planeras sträcka sig runt Bottenviken och sammanlänka Örnsköldsvik, Kiruna och finska Vasa. Baltic Sea Hydrogen Collector är en ledning som via Östersjön sammanlänkar Tyskland, Danmark, Sverige och Finland.

Den första delsträckan i Nordic Hydrogen Route som Nordion Energi avser bygga går mellan Luleå och Letsi. Delsträckan är en del av ett samarbetsprojekt mellan Fertiberia, Lantmännen och Nordion Energi och syftar till att sammanlänka vätgasproduktion i Letsi med fossilfri produktion av mineralgödsel i Luleå. Under hösten 2024 genomförde Nordion Energi ett samråd som en del av framtagandet av koncessionsansökan för vätgasledningen Letsi-Luleå.

Danmark

Liksom Sverige har Danmark inget transmissionsnät för vätgas. I Danmark finns en bred politisk överenskommelse om mål och medel för en framtida vätgasekonomi. Bland annat har överenskommit om ett mål om 4-6 GW elektrolyskapacitet till 2030, ett subventionssystem för vätgasproduktion och att Energinet ska äga och driva vätgasinfrastruktur på transmissionsnivå. Energinet äger och driver det danska transmissionsnätet för el och naturgas.

Under 2022-2023 genomförde Energinet en förstudie av ett transmissionsnät för vätgas på Jylland. Valet av sträckningar, placering av lagringsinfrastruktur samt storlek och lokalisering av vätgasproduktion i studien baserades på marknadsundersökningar och politiska överenskommelser. I studien beräknas den samhällsekonomisk nytta av olika sträckningar som skillnaden i marknadsnytta ifall vätgasinfrastrukturen inte hade byggts.

Skillnaden i marknadsnytta beräknas som förändring i konsument- och producentöverskott samt flaskhalsinkomster för marknaderna för el, vätgas, värme, naturgas och ammoniak. Enligt studien kan vätgasinfrastrukturen ge betydande samhällsekonomisk nytta. Den största delen av nyttan tillfaller danska el- och vätgasproducenter medan danska konsumenter möter något högre priser. Det mesta av vätgasen exporteras till Tyskland. Vidare visar analysen att utbyggnaden initialt kan vara företagsekonomiskt utmanande eftersom både marknad och infrastruktur behöver konstrueras samtidigt som de överförda volymerna kommer vara låga.

Efter förstudien har Energinet tagit projektet vidare till nästa fas som handlar om att undersöka och rekommendera en detaljerad utformning av

vätgasinfrastrukturen och dess finansiering för att möjliggöra ett investeringsbeslut.

Efter att Energinet identifierat att flera vätgasprojekt är i en tidig utvecklingsfas valde företaget under hösten 2024 att senarelägga utbyggnadsplanerna. För att motverka senareläggningen slöts en ny dansk politisk överenskommelse som innebär att Energinet ska prioritera en sammanlänkning till Tyskland så den färdigställs 2030. För att möjliggöra det minskas kravet på hur mycket av vätgasledningens kapacitet som måste vara kontrakterad innan byggnationen påbörjas. Dessutom ska det tillföras finansieringsstöd och tillståndprocesserna ska kortas.

Finland

År 2022 beslutade Finland om en nationell vätgasstrategi där det bland annat ingår mål om produktionskapacitet för elektrolysanläggningar på 1000 MW till 2030. Enligt strategin ska åtgärder vidtas för att förbereda en nationell och samordnad utveckling av vätgasnät och anknytande infrastruktur. I samband med strategin beslutade den finska regeringen att Gasgrid Finland skulle utöka sin verksamhet till transmissionsnät för vätgas. I dagsläget har Finland inget transmissionsnät för vätgas.

Gasgrid Finland och den finska TSO:n för el, Fingrid, redovisade 2023 slutrapporten av ett samarbetsprojekt för att identifiera möjligheterna för en finsk vätgasekonomi och tydliggöra energinfrastrukturens roll för att förverkliga dessa. Rapporten beskriver tre scenarier för hur en finsk vätgasekonomi kan utvecklas. Scenarierna har som utgångspunkt att Finland når sina klimatmål och att produktionen av fossilfri vätgas ökar kraftigt. I alla scenarier antas ett finskt överföringssystem för vätgas som sträcker sig från Svenska gränsen i norr längs finska västkusten mot ryska gränsen i södra Finland. Det antas också en sammanlänkning mellan norra Finland och Sverige. Scenarierna skiljer sig i antaganden om en vätgassammanlänkning till det centraleuropeiska vätgassystemet samt om vätgasen ska exporteras direkt till Centraleuropa eller i form av vätgasbaserade produkter.

För varje scenario analyseras behovet av utbyggnad av el- och vätgasinfrastruktur mellan norra och södra Finland genom att jämföra de regionala balanserna för el och vätgas. Projektet drar slutsatsen att det inte i något scenario kommer vara tillräckligt att tillgodose energiöverföringsbehoven med enbart elinfrastruktur. Både el- och vätgasinfrastruktur behövs för att möjliggöra den finska vätgasekonomin.

Efter samråd med marknadsaktörer och kommuner publicerade Gasgrid Finland en nätutvecklingsplan för vätgasinfrastruktur under hösten 2024. Sträckningarna i planen är i stort sett samma som de som ingick i samarbetsprojektets scenarier och går från Svenska gränsen i norr till södra Finland via kusten.

Norge

Av den norska regeringens klimathandlingsplan för 2021-2030 framgår att vätgas kan vara en möjliggörare för landet att nå sina klimatmål. Norge har i dagsläget en omfattande naturgasinfrastruktur bestående av undervattensrörledningar i Nordsjön och Norska havet med förbindelser till Storbritannien, Frankrike, Belgien, Tyskland och Danmark. Det norska statliga bolaget Gassco äger infrastrukturen. Norge har inget transmissionsnät för vätgas men flera projekt kring möjligheterna att utveckla vätgasledningar till övriga Europa har genomförts. Ett exempel på ett större projekt är en vätgasledning mellan Norge och Tyskland. I april 2024 slöt Gassco och det tyska naturgasnätsföretaget GASCADE ett samarbetsavtal för att vidareutveckla projektet men i september 2024 pausades projektet på grund av bristande vätgasefterfrågan i Tyskland. Statnett, Norges TSO för el, är inte direkt inblandad i planeringen av vätgasinfrastrukturen.

Tyskland

Tyskland har antagit en vätgasstrategi med målsättningen att öka elektrolyskapaciteten till 5-10 GW samtidigt som behovet av att importera vätgas framhålls. Som en del av strategin ska en nationell vätgasinfrastruktur etableras.

Tyska transmissionsnätsföretag för naturgas har tillsammans tagit fram ett förslag på hur en nationell vätgasinfrastruktur skulle kunna byggas ut. Förslaget baserades på marknadsundersökningar kring den framtida efterfrågan och utbudet av vätgas som genomförts som en del av företagens ordinarie nätutvecklingsprocesser. Företagen identifierade också naturgasledningar som kan byggas om till vätgasledningar och utvecklade en gemensam vätgasmodell.

För att möjliggöra utbyggnaden beslutade den tyska federala regeringen att införa en subvention i form av en statlig garanti som låter nätföretagen låna till lägre kostnad. Subventionen förväntas minska finansieringskostnaderna med 3 miljarder EUR. Lånen ska utformas så att återbetalningarna ökar med tiden, i takt med att utnyttjandet av vätgasinfrastrukturen förväntas öka.

År 2024 beviljade den tyska myndigheten Bundesnetzagentur transmissionsnätsföretagens förslag. Det godkända förslaget innehåller 9040 kilometer vätgasledningar, av vilka cirka 60 procent ska byggas om från befintliga naturgasledningar. Den förväntade investeringskostnaden är 18,9 miljarder EUR. Bortsett från den statliga garantin finansieras projektet genom nätavgifter.

3 Metod för samplanering av el- och vätgasinfrastruktur

I detta kapitel redovisar och motiverar Svenska kraftnät sitt förslag på metod för samplanering av el- och vätgasinfrastruktur på transmissionsnivå. Kapitlet avslutas med en beskrivning av ett antal frågor som behöver hanteras innan metoden kan tillämpas.

3.1 Integrerad planering av el- och vätgasinfrastruktur

Svenska kraftnät föreslår en metod för samplanering som integrerar planeringen av el- och vätgasinfrastruktur. Metoden tar sin utgångspunkt i Svenska kraftnäts nuvarande process för utvecklingen av transmissionsnätet för el och förutsätter att en aktör ansvarar för planering och beslut om investeringar i såväl el- som vätgasinfrastruktur på transmissionsnivå.

För att kunna omfatta ett vätgassystem behöver utvecklingsprocessen för elnät anpassas för att hantera ett energisystem där både el och vätgas kan vara energibärare och där flera infrastrukturella komponenter och nya systemgränssnitt ingår. Vätgasen är i detta sammanhang både en slutlig energibärare och ett flexibelt element i energisystemets omställning, vilket bland annat påverkar planeringshorisont, samverkansstrukturer och analysmetoder. Genom att integrera el- och vätgassystemet i en och samma planeringsprocess möjliggörs en mer effektiv, resilient och hållbar energiomställning. En utvidgad planering i enlighet med förslaget skulle innebära ett paradigmskifte från planering av enskilda system till en samlad energisystemplanering för el och vätgas.

Nedan beskrivs hur stegen i den nuvarande planeringen av transmissionsnätet för el föreslås kompletteras för att bli en metod för samplanering av el- och vätgasinfrastruktur på transmissionsnivå som möjliggör en samhällsekonomiskt effektiv utbyggnad.

Långsiktiga scenarier för el- och vätgassystemet

Fastställandet av långsiktiga scenarier utvecklas för att inkludera detaljerad information om utvecklingen av efterfrågan och produktion för vätgas och dess lokalisering. Detta innebär bland annat att prognoser för

vätgasanvändning inom industri, transport och elproduktion integreras i de långsiktiga scenarierna.

Omvärldsanalysen som ligger till grund för scenarierna breddas till att detaljerat omfatta

- politiska styrmedel och strategier för vätgas på nationell och EU-nivå
- förväntad utveckling av efterfrågan på vätgas, utbyggnad av elektrolyskapacitet och vätgaslager samt teknikutveckling inom vätgas
- import/exportförutsättningar via rörledning, sjöfart och vätgasderivat
- regional utveckling och geografiska mönster för vätgasbehov och vätgasproduktion
- lokalisering av vätgaskluster och deras koppling till elnätets kapacitet.

De gemensamma scenarierna för el- och vätgassystemet speglar alla gemensamma beroenden, t.ex. hur elförsörjning till elektrolysörer påverkar nätkapacitet och hur vätgaslager kan bidra till att upprätthålla systembalansen. Scenarierna tas fram och publiceras vartannat år i en rapport motsvarande Svenska kraftnäts nuvarande långsiktiga marknadsanalys. Arbetet sker i nära samverkan med relevanta branschaktörer, myndigheter och forskningsmiljöer för att säkerställa att scenarierna är välförankrade, transparenta och relevanta för el- och vätgassystemet.

Behovsanalys för en samordnad energiinfrastruktur

Målet med behovsanalysen är att definiera de behov som inte uppfylls i olika scenarier och därefter att kvantifiera gap mellan behov och nuvarande förmåga. Det kvantifierade gapet utgör ett definierat förändringsbehov i energisystemet. Det ska också framgå när behovet uppstår och behöver hanteras.

Behovsanalysen utvidgas till att identifiera behov av åtgärder inom ett framtida vätgassystem. Detta innefattar

- kapacitetsanalys för el- och vätgasanvändning
- identifiering av behov av vätgasöverföring
- samordnade analyser av var och när dubbel infrastruktur (el och vätgas) krävs

- modellering av interaktion mellan systemen, inklusive effekttoppar och flexibilitet
- komplettering av systemmodeller för att kunna analysera kombinerade nätbelastningar och synergier mellan el- och vätgasanvändning.

En begränsning i el- och vätgasmarknadsmodellerna som används i nätplaneringen i Sverige är att de enbart kan beräkna det samhällsekonomiska värdet av ökad överföringskapacitet mellan elområden, vilket försvårar värderingen av alternativa systemlösningar på regional nivå. Därför föreslås att marknadsmodellerna vidareutvecklas för att möjliggöra beräkningar av samhällsekonomisk nytta av ökad överföringskapacitet mellan noder i el- respektive vätgassystemet.

Vidare föreslås att en anslutningsprocess utvecklas för att hantera både el- och vätgasbehov samt säkerställa att åtskillnad görs mellan vätgasbehov och direkta, icke-vätgasrelaterade elbehov. Handläggningen av anslutningsärenden i en region med stora framtida vätgasbehov kommer därmed att utvecklas till en gapanalys där befintliga utbyggnadsplaner för el- och vätgasinfrastruktur kan jämföras med de kommunicerade behoven.

Informationskällorna till analyserna utökas till de nya gemensamma scenarierna, driftinformation från vätgassystemet, anslutningsförfrågningar till vätgassystemet, regionala och kommunala utvecklingsplaner för vätgas samt information från vätgasnätsföretags investerings- och underhållsplaner.

Avslutningsvis föreslås behovsanalysen utvecklas för att identifiera behov av åtgärder för att säkerställa en tillräckligt robust el- och vätgasförsörjning under framtida kriser och höjd beredskap. För den delen av behovsanalysen behöver den planerande aktören, i samverkan med relevanta offentliga och privata aktörer, ta fram och regelbundet uppdatera en analys över den långsiktig utvecklingen av beredskapsbehovet i el- och vätgassystemet samt hur det kan hanteras.

Behovsberedning med sektorsövergripande prioritering

I behovsberedningen föreslås en utökad struktur för att prioritera bland behov som gäller vätgassystemet, men även behov som uppstår i gränsytan mellan el- och vätgasinfrastruktur.

Det innebär att

- behovsdatabasen utökas till att även inkludera vätgasspecifika behov
- nya kriterier införs för att prioritera behov utifrån systemnytta över sektorsgränser
- reinvesterings- och expansionsplaner samt anslutningsansökningar för vätgasinfrastruktur vägs samman med motsvarande för elinfrastruktur
- samråd med nya aktörer såsom vätgasproducenter, vätgasdistributörer, lagringsföretag och hamnverksamheter intensifieras.

Undersökning av åtgärdsalternativ för fler teknikspår och lösningstyper

I åtgärdsanalysen ska alla lämpliga åtgärder beaktas, oavsett typ av infrastruktur. I detta steg föreslås en utökad omfattning av ramverket för att kunna utvärdera åtgärdsalternativ inom både el- och vätgasinfrastrukturen, eller kombinerade lösningar. Några exempel på nya åtgärdstyper som behöver beaktas är följande:

- utbyggnad av vätgasinfrastruktur
- hybridlösningar där elnätets eller vätgasnätets brister avlastas genom lokal vätgasproduktion respektive elproduktion
- el- och vätgasmarknadsåtgärder med koppling till styrbar elanvändning från elektrolys
- lagringsförmåga och flexibilitet i produktion och användning av el och vätgas.

Vidare behöver de samhällsekonomiska analyserna utökas med parametrar för sektorsintegration och försörjningstrygghet för vätgas. I åtgärdsanalysen ingår också en utökad analys av leveranssäkerhet utifrån ett beredskapsperspektiv, nationell självförsörjning och motståndskraft mot yttre påverkan. För den utökade analysen föreslås utveckling av metoder för att utforma och dimensionera åtgärder utifrån ett beredskapsperspektiv för både el- och vätgassystemet. I undersökningen av åtgärdsalternativ ska också tas hänsyn till beredskapsplaneringen inom andra områden, som exempelvis annan infrastruktur och inom totalförsvaret. Detta för att identifiera samband och undvika målkonflikter.

Beställning av åtgärd med gemensam styrning och koordinering

När åtgärder ska beställas måste det tydligt framgå vilket delsystem, el- eller vätgas, åtgärden tillhör, men även hur samverkan sker över systemgränserna. För att säkerställa det föreslås den nya metoden innehålla

- nya strukturer för gemensam planering och styrning av el- och vätgassystem
- integrering av vätgasåtgärder i utvecklingsplaner och investeringsportföljer
- samordning av tillståndprocesser och samhällsdialog för infrastruktur som påverkar båda systemen
- tydliga beslutsvägar och gränsdragningar mellan el- och vätgasinfrastrukturens investeringar och deras finansiering.

Nätutvecklingsplan för el- och vätgasinfrastruktur

Behovs- och åtgärdsanalyser resulterar i målnät för regional överföringsinfrastruktur för el och vätgas som redovisas i en nätsutvecklingsplan för el och vätgas. Målnätet ses därefter över och revideras vid behov åtminstone vartannat år om uppdaterade analyser indikerar att en förändring är motiverad. Som en del av framtagandet av nätutvecklingsplanen för el- och vätgas genomförs samråd med relevanta offentliga och privata aktörer.

3.2 Förutsättningar för en samhällsekonomiskt effektiv utbyggnad

Svenska kraftnät bedömer att den föreslagna metoden ger förutsättningar för en samhällsekonomiskt effektiv utbyggnad av el- och vätgasinfrastruktur på transmissionsnivå. Metoden är inte begränsad till en specifik region utan skulle kunna tillämpas i hela landet. Nedan redovisas en kvalitativ bedömning av potentiella skillnader i utfallet för planeringen till följd av den föreslagna metoden.

3.2.1 Jämförelsealternativ

För att undersöka det samhällsekonomiska värdet av förslaget behöver utfallet av den, i form av en plan för utbyggnad av el- och vätgasinfrastruktur, jämföras med hur planen annars skulle sett ut. Eftersom metoden har utvecklats parallellt med planen som redovisas i kapitel 4 har den inte kunnat tillämpas inom ramen för uppdraget. Det går därför inte att avgöra vilken plan för energiinfrastrukturutbyggnaden som metoden skulle resultera i. Samtidigt är det svårt att fastställa jämförelsealternativet, d.v.s. hur utvecklingen av el- och vätgasinfrastruktur skulle se ut ifall metoden inte tillämpas.

Utformandet av jämförelsealternativet är i synnerhet svårt eftersom planeringen utan metoden sannolikt kommer genomföras separat av flera organisationer med olika drivkrafter och målsättningar. Varje organisation har relativt stor frihet att själv utforma sin planeringsmetod. Samtidigt kan det inte bortses från att någon form av samplanering, formell eller informell, kan vara ofrånkomlig också i det fallet. I den samhällsekonomiska analysen behöver den föreslagna metoden därför jämföras med en antagen alternativ samplaneringsmetod. Den alternativa metoden kan av uppenbara skäl inte vara lika detaljerad som den föreslagna, varför analysen måste begränsas till en översiktlig nivå.

Svenska kraftnät antar att planeringen, utan den föreslagna metoden, kommer utvecklas på följande sätt. Metoder, ansvar och målsättning för planering av elinfrastruktur på transmissionsnivå är samma som idag samtidigt som det sker en viss metodutveckling för att bland annat möjliggöra värdering av samhällsnytta av överföringskapacitet av el inom elområden och en mer detaljerad vätgasmodellering. Metodutvecklingen sker enbart i syfte att studera åtgärder i elsystemet.

Vätgasinfrastruktur på transmissionsnivå planeras av ett eller flera företag som utformar sina egna metoder och planerar efter egna målsättningar. Utöver den samverkan som sker i enlighet med EU-lagstiftningen kring exempelvis de icke-bindande tioåriga nätutvecklingsplanerna sker samplanering av el- och vätgasinfrastruktur på frivillig basis, i huvudsak genom informationsdelning.

3.2.2 Samhällsekonomiska kostnader och nyttor

Som tidigare beskrivits har den föreslagna metoden för integrerad planering av el- och vätgasinfrastruktur inte gått att tillämpa inom uppdraget. Det går därför inte i dagsläget att med rimlig säkerhet fastslå vilken plan för el- och vätgasinfrastruktur på transmissionsnivå metoden skulle resultera i. Detsamma gäller jämförelsealternativet.

Eftersom det varken finns några planer eller detaljerade metoder att jämföra behöver den samhällsekonomiska bedömningen i stället baseras på hur principiella skillnader mellan förslaget och jämförelsealternativet påverkar möjligheterna för en samhällsekonomiskt effektiv utbyggnad av el- och vätgasinfrastruktur på transmissionsnivå. Det vill säga skillnader i metodernas förutsättningar att resultera i en plan som tillgodoser samhällets behov av transmission av el- och vätgas med största samhällsekonomiska lönsamhet.

3.2.3 Skillnader mellan föreslagen metod för samplanering och jämförelsealternativ

Den huvudsakliga skillnaden mellan förslaget och jämförelsealternativet där el- och vätgasinfrastruktur planeras separat är graden av samplanering. Förslaget innebär en fullt integrerad samplanering och därmed alla fördelar som samplanering kan innebära. Med den föreslagna metoden kan el- och vätgasinfrastruktur planeras teknikneutralt med fullständig information i syfte att effektivt möta samhällets behov. Oavsett om det i jämförelsealternativet införs samarbetsformer för samplanering är risken för suboptimering, målkonflikter och informationsasymmetri högre. Utöver att komplicera planeringsprocessen finns därför en betydande risk för en långsammare och mindre effektiv planering.

Möjligheter till samoptimering

Jämfört med jämförelsealternativet ger den föreslagna metoden bättre förutsättningar för en optimerad planering av el- och vätgasinfrastruktur på transmissionsnivå. Eftersom el- och vätgasledningar, i ett system med vätgasproduktion baserad på elektrolys, till viss del är substitut finns uppenbara ekonomiska fördelar med samplanering. Dessutom finns potential för infrastrukturtyperna att komplettera varandra genom bland annat skillnader i kostnader och framkomlighet samt utnyttjandet av vätgasens lagringsförmåga.

Den föreslagna metoden är en vidareutveckling av Svenska kraftnäts befintliga metod för elsystemutveckling som innehåller alla nödvändiga steg för att utveckla ett kostnadseffektivt, driftsäkert och miljöanpassat överföringssystem för el baserat på samhällsekonomiska lönsamhetsbedömningar. Genom att den befintliga metoden breddas till att inkludera vätgasinfrastruktur i varje planeringssteg, från datainsamling och scenariobyggnad till behovsanalys och ett slutligt åtgärdsförslag, så möjliggörs en utveckling av både el- och vätgasinfrastruktur med samma egenskaper som den befintliga nätutvecklingsprocessen för el.

Svenska kraftnät bedömer att jämförelsealternativet kommer innebära en mindre effektiv planering oavsett vilka samarbetsformer som etableras mellan företag och myndigheter eftersom varje aktör enbart har incitament att optimera planeringen av sin egen infrastruktur. Samtidigt kommer den alternativa metoden sannolikt innehålla inslag av samplanering då det exempelvis inte går att bygga en vätgasledning om vätgasproduktionen behöver anslutas till elnätet och det inte finns tillräcklig kapacitet. Att det behovet av samplanering skulle vara så starkt

att företagen frivilligt väljer att integrera sin planering i samma utsträckning som den föreslagna metoden förefaller osannolikt.

Bortsett från att målsättningen med företagens planering inte nödvändigtvis kommer vara att maximera samhällsnyttan så innebär jämförelsealternativet också begränsningar av antalet möjliga utvecklingsvägar för el- och vätgasinfrastruktur. Detta följer av att aktörerna huvudsakligen är begränsade till att möta identifierade behov i sina system med åtgärder inom samma system, vilket gör det svårt att identifiera alla möjliga åtgärdsalternativ inom el- och vätgassystemet som skulle kunna möta behovet snabbast och till lägst samhällsekonomisk kostnad. Jämförelsealternativet innebär därför inte bara en större risk för att de mest effektiva åtgärderna inte väljs, utan också att de inte identifieras. Den risken minimeras med den föreslagna metoden eftersom en aktör med kompetens inom båda infrastrukturtyperna då har möjligheten att utforska alla tänkbara kombinationer av el- och vätgasinfrastruktur som effektivt svarar mot båda systemens samlade behov. Detta inkluderar också centrala samhällsbehov som att säkra en tillräcklig energiförsörjning vid fredstida kriser, höjd beredskap och ytterst i krig.

Vidare behövs högkvalitativa och tillräckligt detaljerade system- och marknadsmodeller för både el och vätgas för att identifiera och analysera potentiella åtgärder. Med marknadsmodeller kan en del av det samhällsekonomiska värdet av ökad energiöverföring beräknas och prissättas. Eftersom det kommer finnas starka beroenden mellan en framtida fossilfri vätgasmarknad och elmarknaden behöver de modelleras tillsammans. Åtgärder inom elsystemet respektive vätgassystemet kan påverka välfärden för marknadsaktörerna på såväl el- som vätgasmarknaden.

För en nationell och regional planering av el- och vätgasinfrastruktur på transmissionsnivå behövs detaljerade och fullständigt integrerade marknads- och systemmodeller anpassade efter nationella förhållanden. Svenska kraftnät anser att den föreslagna metoden ger incitament och förutsättningar för att utveckla sådana modeller. Hur modeller utvecklas och används i jämförelsealternativet är svårt att avgöra men det finns en uppenbar risk att olika modeller utvecklas för planering av el- respektive vätgasinfrastruktur, vilka inte ger en fullständig bild av båda systemen och sambanden mellan dem. Vidare är det osäkert i vilken utsträckning respektive aktörs modeller kommer lämpa sig för nationell och regional planering.

Tillgång till information

En god informationstillgång är grundläggande för en effektiv infrastrukturplanering. Eftersom infrastrukturprojekt är mycket långsiktiga investeringar behöver planeringen utgå från prognoser om framtida behov som tas fram baserat på all relevant information. Med relevant information menas i detta sammanhang allt som kan indikera behov i el- och vätgasset på kort och lång sikt. Informationsinsamling är därför en betydande del av planeringsprocessen.

Med den föreslagna metoden kan en aktör planera el- och vätgasinfrastruktur på transmissionsnivå med fullständig system- och driftsinformation för båda systemen. Vidare föreslås att den aktör som planerar el- och vätgasinfrastrukturen också hanterar ansökningar om anslutning till båda systemen. Med information om ansökningarna ges den infrastrukturplanerande aktören en mer fullständig bild av anslutande aktörers faktiska behov av el- och vätgasöverföring. Informationen möjliggör också en ökad proaktivitet i planeringen genom att det planerande företaget kan vägleda lokalisering och utformning av produktion och användning för att snabbare och effektivare möta aktörernas behov. Övriga relevanta data samlas in genom internationell och nationell samverkan med aktörer på både el- och vätgasmarknaderna.

Vid sidan av en samlad datainsamlingsprocess innebär den föreslagna metoden att osäkerheten kring andra företags beslut om el- och vätgasinfrastruktur på transmissionsnivå elimineras genom fastställandet av en samlad nätutvecklingsplan. Detta står i skarp kontrast till jämförelsealternativet där det, oavsett tänkbara samarbetsformer, kommer kvarstå en osäkerhet kring vilka projekt olika transmissionsinfrastrukturföretag för el och vätgas kommer realisera. Med jämförelsealternativet behöver den osäkerheten tas höjd för i planeringen, vilket kan innebära en mindre effektiv och långsammare utbyggnad av el- och vätgasinfrastruktur. Osäkerheten ger aktörerna incitament att fokusera på åtgärder som inte är beroende av andra aktörers beslut, oavsett om de åtgärderna är mindre samhällsekonomiskt effektiva.

Liksom för möjligheterna till samoptimering är det möjligt att med jämförelsealternativet uppnå högre effektivitet genom ökat samarbete och informationsutbyte. Svenska kraftnät bedömer det som osannolikt att samma informationstillgång kan uppnås med jämförelsealternativet, särskilt som information om anslutningsansökningar och beredning av investeringsbeslut är att betrakta som konfidentiell information.

Teknikneutral planering

En samhällsekonomiskt effektiv planering måste vara fri från oskäligena preferenser mellan olika typer av åtgärder. Potentiella åtgärdsalternativ inom såväl vätgas- som elsystemet måste objektivt bedömas utifrån deras samhällsekonomiska kostnader och nyttor.

En utmaning för samplanering av el- och vätgasinfrastruktur är infrastrukturtyperna till viss del är substitut och det därför finns ett konkurrensförhållande mellan dem. Samtidigt har el- och vätgasinfrastrukturföretag ekonomiska incitament att lösa framtida utmaningar med investeringar i sin typ av infrastruktur för att öka sin egen avkastning. De har också incitament att föredra åtgärder som underlättar driften av deras egen infrastruktur framför de som är till gagn för energisystemet som helhet.

Med jämförelsealternativet avviker målsättningen med samplaneringen från samhällsekonomiskt optimum eftersom det för ett vinstmaximerande företag inte finns incitament för samplanering som innebär att ett annat företag bygger ut sin infrastruktur i stället. Den optimala samplaneringen, ur företagets perspektiv, är den som ökar företagets möjlighet att bygga ut sin egen infrastruktur.

Med den föreslagna metoden motverkas detta genom att planeringen av både el- och vätgasinfrastruktur genomförs av en aktör. Att en aktör ansvarar för planering av båda system, som genomförs i syfte att åstadkomma en samhällsekonomiskt effektiv utbyggnad av el- och vätgasinfrastruktur, motverkar oskäligena preferenser för en typ av tekniklösning och ger korrekta incitament för en teknikneutral planering.

Målkonflikter kommer dock kvarstå mellan företagen som ska bygga, äga och driva infrastrukturen, om det inte görs av samma aktör som samplanerar. Det kommer också finnas målkonflikter mellan producenter och konsumenterna av el och vätgas som vill ansluta till nätet. Svenska kraftnät bedömer att den föreslagna metoden ger förutsättningar att effektivt hantera detta genom ett samlat planeringsansvar och ökad transparens i samplaneringsprocessens alla steg. Genom att motverka samhällsekonomiskt snedvridande intressens påverkan på infrastrukturplaneringen kan metoden också underlätta för planeringen att ta tillräcklig hänsyn till andra samhällsvärden, som exempelvis försvar och beredskap.

3.3 Nästa steg

Som framgår av den föreslagna metoden finns ett behov av vidare metodutveckling innan den kan implementeras. Om en aktör ges i uppdrag att planera i enlighet med metoden bör tillräckliga resurser och tid säkerställas för det ändamålet. Metodens praktiska genomförande behöver också ta hänsyn till åtgärder inom både el- och vätgasinfrastruktur som redan har påbörjats för att inte medföra t.ex. förseningar i genomförandet av omställningen av industrin i Norrbottens och Västerbottens län.

Utöver det finns andra frågor som också behöver hanteras. Svenska kraftnät bedömer att dessa frågor ligger utanför det aktuella regeringsuppdraget men att de bör nämnas för att underlätta den vidare beredningen av förslaget.

För att kunna utveckla och tillämpa metoden behöver en organisation ges ansvar för planering och beslutsansvar för både el- och vätgasinfrastruktur på transmissionsnivå. Det behöver också ställas krav på organisationen att tillämpa metoden. Svenska kraftnät bedömer att det är lämpligt att myndigheten ges ett sådant ansvar.

En annan fråga att ta ställning till är vilken eller vilka aktörer som ska bygga, äga och driva vätgasinfrastrukturen på transmissionsnivå. Förutsatt att det är förenligt med relevant lagstiftning kan det vara möjligt att låta andra aktörer bygga, äga och driva infrastrukturen. Vid en sådan ansvarsuppdelning skulle den samplanerande aktören kunna fastställa en plan för utbyggnad som genomförs av en eller flera andra aktörer. I annat fall skulle organisationen med samplaneringsansvaret också kunna ansvara för att äga, driva och bygga el- och vätgasinfrastrukturen. Vid valet av upplägg bör fördelarna med ett samlat ansvar för drift och planering särskilt beaktas då dessa ansvar är tätt sammankopplade. Innan ett ställningstagande görs i dessa frågor behöver också det juridiska läget klargöras, i synnerhet med avseende på tolkningen av relevanta bestämmelser i EU-lagstiftningen. En fråga som särskilt kan behöva utredas är om samplaneringsansvaret kan tilldelas en aktör med stöd av fjärde stycket i artikel 1 i gasmarknadsförordningen (EU) 2024/1789. Kravet på horisontell åtskillnad (och möjligheten till undantag från detta krav) i artikel 69 i gasmarknadsdirektivet (EU) 2024/1788 behöver också beaktas.

Oavsett hur ansvaret för planering, ägande, byggande och drift av infrastrukturen fördelas så är en ökad förutsägbarhet i placeringen av ny

el- och vätgasproduktion samt el- och vätgasanvändning en nyckelförutsättning för en effektiv och framgångsrik samplanering.

I flera andra europeiska länder är utvecklingen av el- och vätgasinfrastrukturen till exempel väsentligen nära integrerad med en centraliserad utvecklingsmodell (anvisningssystem) för havsbaserad vindkraft. Det är svårt att åstadkomma motsvarande planeringseffektivitet i Sverige utan ett motsvarande system. Ett första steg skulle dock kunna vara att ge ökad tyngd åt den regionala energiplaneringen och ge denna ett tydligare uppdrag att peka ut särskilda zoner som på förhand bedöms vara lämpliga för ny vindkraft på såväl land som till havs.

Som tidigare nämnts är en viktig drivkraft till att samplanera el- och vätgasinfrastruktur att vätgasnäten potentiellt kan avlasta flaskhalsar i elnäten. Eftersom vätgasledningar har betydligt högre överföringskapacitet än 400 kV-elledningar och därtill kräver väsentligt mindre utrymme finns också stor potential att minska behovet av nya intrång kopplat till ny energiinfrastruktur. För att de här potentiella samordningsvinsterna inte ska riskera att utebli och för att förebygga risken för missriktade investeringar krävs dock att den aktör som ansvarar för samplaneringen i betydligt större utsträckning än idag får inflytande över var ny el- och vätgasproduktion samt el- och vätgasanvändning kommer att etableras.

Ett sådant utökat planeringsansvar skulle innebära en större förutsägbarhet kring lokaliseringen och bland annat skapa bättre förutsättningar att samordna inmatnings- och uttagsbehov av el och vätgas till specifika knutpunkter i el- och vätgasinfrastrukturen, vilket skulle kunna minska det sammantagna behovet av infrastruktur. I förlängningen innebär det en tydligare vägledning kring var det är lämpligt att ansluta produktion och användning av el och vätgas till energiinfrastrukturen, vilket blir styrande för en fortsatt kostnadseffektiv infrastrukturutveckling.

4 Plan för el- och vätgasinfrastuktur

I detta kapitel redovisas Svenska kraftnäts plan för utbyggnad av el- och vätgasinfrastuktur på transmissionsnivå i Norrbottens och Västerbottens län. Eftersom infrastrukturer för transport av el och vätgas karaktäriseras av långa genomförandetider, långa livslängder, och mycket höga initiala investeringskostnader är det inte lämpligt att enbart planera ur ett tioårsperspektiv. I stället bör övervägda åtgärder sättas i relation till en långsiktig konceptuell målbild för att visa hur de passar in i en framtida helhetslösning. Svenska kraftnät har därför, vid sidan av den tioåriga planen, tagit fram en konceptuell målbild för hur el- och vätgasinfrastuktur skulle kunna utvecklas för att långsiktigt möjliggöra den pågående industriomställningen i Norrbottens och Västerbottens län.

Den konceptuella målbilden är utformad för att möta det behov av energileveranser som följer av en omfattande elektrifiering av befintlig och tillkommande industri i Norrbottens och Västerbottens län. Svenska kraftnät vill understryka den betydande osäkerhet i utvecklingen av el- och vätgasbehovet, både avseende tid och volymer, något som i hög grad påverkar behovet av infrastrukturer för energiöverföring. Det är viktigt att poängtera att den konceptuella målbilden inte ska tolkas som en nätutvecklingsplan eller investeringsplan utan att det kommer att vara den faktiska utvecklingen i elanvändning och elproduktion som slutligt styr vilka åtgärder som planeras och genomförs. Den konceptuella målbilden kommer att behöva uppdateras löpande i takt med att information om behoven blir tydligare, både avseende volymer men också om när de uppkommer i tid. Med den konceptuella målbilden visualiseras för första gången ungefär vilka utbyggnadsbehov en långsiktig utveckling av vätgasekonomin i norra Sverige skulle kunna innebära.

I kapitlet redovisar Svenska kraftnät också en plan för utbyggnaden under perioden 2026-2035. Planen utgår från den konceptuella målbilden men begränsas till de el- och vätgasledningar som bedöms vara realiserbara inom tioårsperioden.

Varken den konceptuella målbilden eller tioårsplanen för el- och vätgasinfrastuktur är ett resultat av en genomförd samplanering enligt den metod som beskrivits tidigare i denna rapport. En sådan samplanering har inte låtit sig göras inom ramen för uppdraget eftersom metoden utvecklats parallellt med arbetet att ta fram tioårsplanen och den

konceptuella målbilden. Det är däremot inte så att de el- och vätgasinfrastrukturplaner som redovisas här har tagits fram oberoende av varandra och enbart lagts samman, utan de är resultatet av en kvalificerad bedömning som utförts med kunskap om andra aktörers planer på att etablera transmissionsinfrastruktur för vätgasöverföring.

4.1 Alternativ för utformning av långsiktig konceptuell målbild

Målet för en långsiktig samplanering är att utforma det energiinfrastruktursystem för el och vätgas som effektivast möter samhällets behov. Svenska kraftnät har därför tagit fram två alternativa infrastrukturkoncept som båda möter ett storskaligt behov av el och vätgas i Norrbottens och Västerbottens län. De två alternativen har sedan jämförts på en övergripande nivå avseende samhällsekonomiska kostnader och nyttor för att avgöra vilken konceptuell målbild som bör vara styrande för utvecklingen av el- och vätgasinfrastruktur.

Det ena alternativet är en konceptuell målbild som utgår från att all infrastrukturförstärkning sker genom en utvidgning av transmissionsnätet för el. Det alternativet innebär att vätgas enbart produceras i elektrolysörer som är placerade vid eller i närhet av de industrier eller verksamheter där den ska användas. I vissa fall kan det tänkas att elektrolysörerna kan komma att ligga en relativt kort sträcka från där den ska användas och att en kortare rörledning för vätgas används för transporten. En sådan rörledning utgör då inte en del av ett större rörledningssystem och påverkar inte i denna analys överföringsbehovet i elnätet på ett avgörande sätt. Den ingår därför inte i den konceptuella målbilden.

Den elproduktion som behöver tillkomma för att möta den ökade elanvändningen ansluts på olika punkter till transmissionsnätet för el och behöver då överföras som el till elektrolysörerna. Det antas i denna analys att ingen betydande elproduktion byggs i direkt anslutning till industrierna i form av t.ex. små modulära kärnkraftsreaktorer. En ökad elproduktion vid industrierna, eller att lokalisera användningen till elproduktionen, är dock alternativ som bör beaktas ytterligare för att visa på de samlade samhällsekonomiska effekterna i skenet av den omfattande energiinfrastruktur som behövs för att försörja behovet.

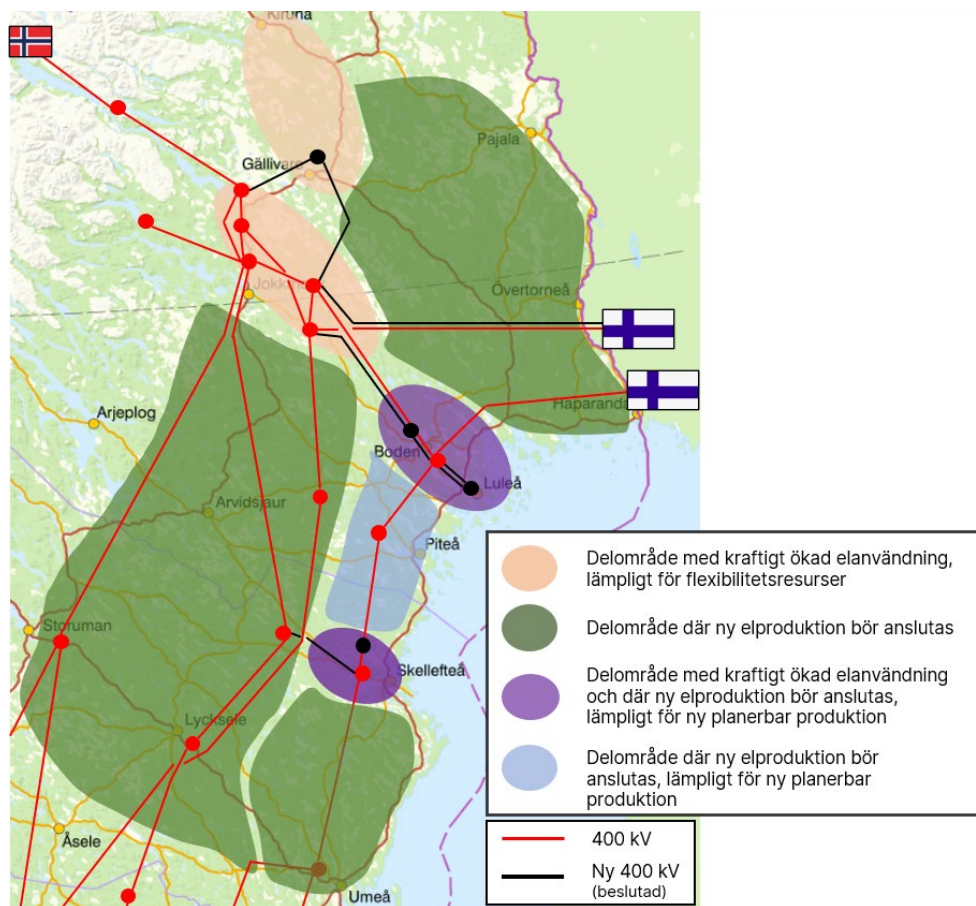
Det andra alternativet är ett samplanerat infrastruktursystem bestående både av ett omfattande vätgasrörledningsnät men också av ytterligare elnät för att möta de delar av industrins behov som inte är direkt kopplat

till vätgasproduktion, t.ex. för ljusbågsugnar. I detta alternativ placeras elektrolysörerna inte vid industrin utan närmare elproduktion eller där den av andra skäl kan bli mer effektiv, t.ex. där värmen från elektrolysen kan ha ett högre nyttovärde. Vätgasen överförs sedan med rörledningar till de platser där den ska användas.

4.1.1 Antaganden vid utformning av infrastrukturkoncepten

I enlighet med uppdraget utgår Svenska kraftnät från det ökade energibehov i Norrbottens och Västerbottens län som kan följa av en storskalig elektrifiering, både genom direkt ökad elanvändning och genom vätgas som produceras med elektrolys. Utvecklingen av el- och vätgasbehovet som Svenska kraftnät utgår ifrån motsvarar i stort det som ligger till grund för högelektrifieringsscenarierna i Svenska kraftnäts senaste långsiktiga marknadsanalys. I beräkningar av marknadsnytta, det samhällsekonomiska värdet för el- och vätgasmarknaderna av ökad överföringskapacitet mellan elområden, har av praktiska skäl dessa befintliga högelektrifieringsscenarier använts. Inget nytt scenario har således skapats enkom för regeringsuppdraget. Utöver de två högelektrifieringsscenarierna har också scenarier med en mindre omfattande elektrifiering beaktats för att visa på känsligheten för en utveckling med mindre elbehov.

Svenska kraftnät antar att det kommer att behöva tillkomma cirka 80 TWh årlig elanvändning för att möjliggöra omställningen av industrin i Norrbottens och Västerbottens län, med beaktande av alla de långsiktiga planer för elintensiv lokal förädling av råvaror som är kända idag. Av denna årliga elanvändning utgörs drygt 50 TWh av el för tillverkning av vätgas i elektrolysörer och resten av direkt elanvändning i industrins processer. Vidare antas att det tillkommer ca 13 GW ny vindkraft som förväntas ansluta i punkter längs de berörda sträckningarna. Den tillkommande elanvändningen och elproduktionen antas i stort ske i linje med figur 2 nedan, som Svenska kraftnät tidigare redovisat i rapporteringen av regeringsuppdraget Planering för ökad elanvändning.



Figur 2: Illustration över geografiskt behov av produktions- och flexibilitetsresurser för el i norra Sverige.

Ansökningarna om storskaliga effektuttag i Norrbottens och Västerbottens län inkom till Svenska kraftnät för ungefär fem år sedan. Under åren därefter har ett huvudscenario för energioverföring inom regionen utarbetats i samarbete med regionnäten och i dialog med berörda industriaktörer. Arbetet med framtagning av en konceptuell målbild påbörjas därmed inte från ett blankt papper.

För att skapa en konceptuell målbild av vilka infrastrukturåtgärder som behövs för att överföra de mängder el och vätgas som behövs för att möta det framtida behovet så behöver ett antal grundantaganden göras om t.ex. tillkommande volym och typ av elproduktion, produktionens placering i förhållande till elanvändningen samt dimensionering, placering och driftmönster av elektrolysörer, vilka antas utgöra den enda produktionen av vätgas. Detta är något som beskrivits i den ovan nämnda rapporten Planering för ökad elanvändning. Dessa antaganden kommer i hög grad påverka överföringsbehoven i olika infrastrukturkorridorer och därmed konceptlösningens utseende.

I detta arbete har följande förenklade antaganden använts:

- All storskalig vätgasproduktion antas utformas med en anslutning till transmissionsnätet för el oavsett om den producerar vätgas direkt vid industrianvändning eller om den matar in vätgas i en transmissionsledning för vätgas. Motivet är att det förefaller svårt att få lönsamhet i koncept där ny elproduktion enbart levererar el till elektrolysörer utan någon möjlighet att täcka över- och underskott med el från elsystemet.
- Ny landbaserad vindkraft och elektrolysörer antas i stor utsträckning samlokaliseras till gemensamma anslutningspunkter i transmissionsnätet för el. Det gör att det sammantaget behövs betydligt färre stationer för anslutning, men även mindre överföringskapacitet, än om ny vindkraft och nya elektrolysörer ansluter på olika platser i olika stationer.
- Det antas att elektrolysörerna byggs med 50 procent överkapacitet och viss lagringskapacitet, antingen genom direkta vätgaslager eller motsvarande lager i industriprocesserna. Med de stora volymerna vätgasproduktion som behövs påverkar detta antagande behovet av överföringskapacitet i elnätet. Motivet är att vindkraften förväntas utgöra den stora tillkommande källan till el för elektrolysörerna vilket gör att vätgasanvändning och tillverkning måste koordineras för att inte leda till svårigheter att hantera frågan om effekttillräcklighet i el- och vätgassystemet.
- Inga större centrala vätgaslager eller ytterligare betydande lagringskapacitet för el tillkommer i de konceptuella målbilderna men samtidigt har ingen analys av effekttillräcklighet eller andra driftaspekter genomförts. Det kan därför inte uteslutas att större lagerkapacitet kan komma att behövas.
- Överföringskapaciteten i nya transmissionsnätsledningar för el antas vara mellan 1 – 1,5 GW, beroende på var i systemet de planeras. Inga tekniska analyser har genomförts för att beräkna det faktiska kapacitetstillskottet av nya ledningar. Det har vidare antagits att övriga systemmässiga begränsningar, som t.ex. olika former av stabilitetsutmaningar, kommer att kunna hanteras.
- Överföringskapacitet i rörledningar för vätgas baseras på den storlek på röret som med viss marginal klarar att överföra den effekt som bedömts behövas. Utformningen av

rörledningssystemet för vätgas har inte optimerats vad gäller kompressorer och rörledningsstorlekar och kostnadsuppskattningen är därför given i ett spann där den högre nivån inkluderar de kompressorer som skulle kunna behövas. Kapaciteterna i infrastrukturkonceptet med både vätgas- och elinfrastruktur är lägre än vad de är för alternativet med bara elledningar eftersom de förluster som uppstår i produktionen av vätgas sker där elektrolysörerna är placerade. I en lösning med överföring av vätgas i rörledningar sker omvandlingsförlusterna innan inmatning i överföringssystemet och därför krävs det lägre kapacitet i ett rörledningssystem för vätgas än i ett elnät som matar elektrolysörer placerade hos användaren. Ingen analys har genomförts av de förluster som sker i samband med överföringen av energi i ett el- respektive vätgassystem.

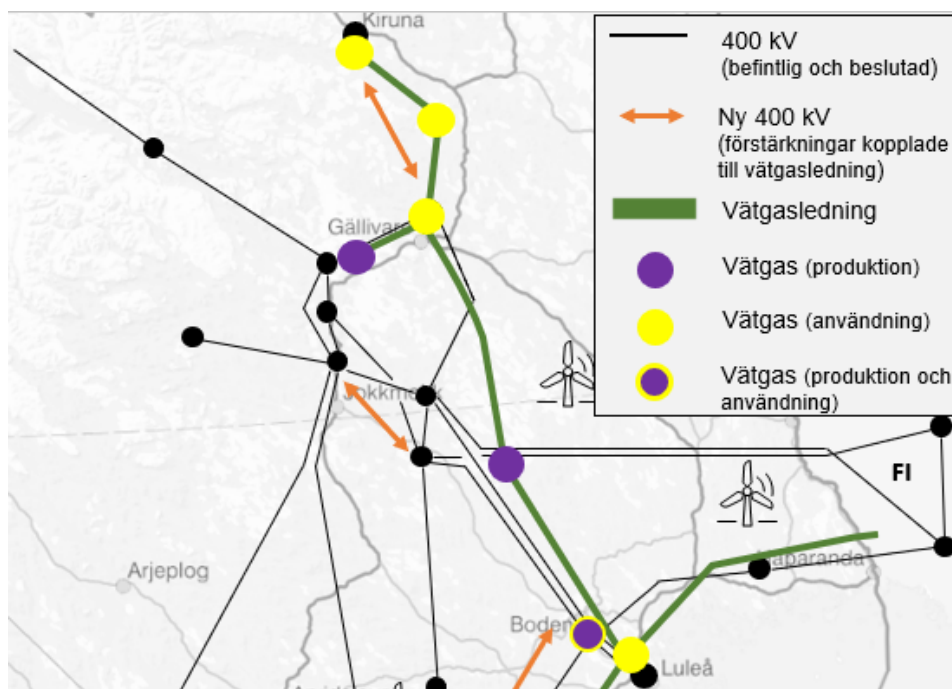
- Längs de korridorer som antas bli aktuella för vätgasöverföring så antas det räcka med endast en vätgasledning för att ge tillräckligt god leveranssäkerhet, både under normala förhållande och ur ett beredskapsperspektiv. Detta är dock ett antagande som behöver utvecklas utanför ramen för detta uppdrag. Om flera rörledningar behövs av redundans- eller beredskapsskäl kan kostnaderna för ett vätgassystem förväntas öka betydligt.
- Den tillkommande elanvändning och elproduktion som inte direkt berörs av den förväntade vätgasproduktionen antas hanteras på samma sätt oberoende av hur el- och vätgasinfrastrukturen utformas i det aktuella området. Dessa behov påverkar därmed inte de konceptuella målbilderna.

4.1.2 Alternativet med kombinerad el- och vätgasinfrastruktur

Den konceptuella målbilden för alternativet med el- och vätgasinfrastruktur tar sin utgångspunkt i kända planer på vätgasinfrastruktur. Svenska kraftnät har sedan låtit göra en överslagsmässig kapacitetsbehovsanalys av de olika delarna i vätgassystemet utifrån givna antaganden om uttagsbehov, importmöjlighet och tänkbara områden för vätgasproduktion baserat på var det kan förväntas att ny elproduktion kan komma att placeras. Analysen har utgått från att den mest effektiva vätgasinfrastrukturen på lång sikt nås med ett sammanhängande vätgassystem som har kapacitet att överföra all den vätgas som behöver användas från elektrolysörer placerade på olika platser längs med rörledningen. Vätgassystemet har sedan kompletterats med de elnätstärkningar som också behövs för

att möta behovet av ökad elanvändning för andra ändamål än vätgasproduktion.

Luleälven, Malmfälten och Finland



Figur 3: Illustration över behovet av el- och vätgasinfrastruktur i Luleälven, Malmfälten och Finland i alternativet med både el- och vätgasinfrastruktur. I illustrationen har det undre spannet använts (se tabell nedan) för att visualisera behovet av elnät.

Effektbehovet i området kring Malmfälten antas uppgå till 7,5 GW, varav åtminstone 6 GW antas vara vätgasbehov. För att överföra den effekten till området behöver det tillkomma rörledningar för vätgas konceptuellt sett längs med Luleälven. Dessa ledningar behöver transportera vätgas från elektrolysörer placerade utmed antingen Luleälven, längre söderut i Sverige eller i Finland. Vidare behöver rörledningar dras från Luleälven via Gällivare och vidare till Kiruna. Vidare behövs en avgrening från Gällivare ned mot Porjusområdet för att omhänderta vätgas från elektrolysörer placerade i Porjusområdet. För att möta behovet av el för andra ändamål än vätgasproduktion behövs ytterligare förstärkningar av elnätet till Kiruna, utöver de förstärkningar av transmissionsnätet för el som redan beslutats till Gällivare. I en första etapp skulle det eventuellt vara möjligt att hantera dessa förstärkningsbehov genom en utbyggnad av regionnätet.

Behovet av ytterligare överföringskapacitet från Finland baseras på ett antagande om import samt om anslutning av ytterligare vätgasproduktion

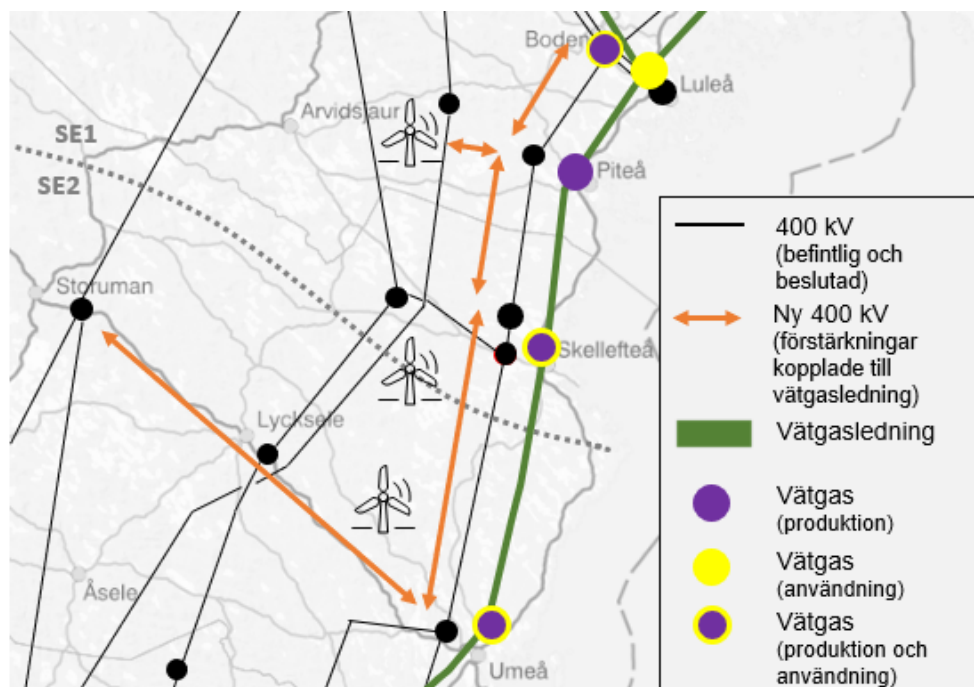
längs sträckningen på svenska sidan. Det samlade kapacitetsbehovet för vätgasöverföring bedöms bli totalt 3,5 GW. I detta alternativ bedöms ingen ytterligare kapacitet i elnätet behöva tillföras.

Det bedömda behovet av nätförstärkningar för en infrastruktur bestående av el- och vätgasinfrastruktur:

Tabell 1: Behovet av el- och vätgasinfrastruktur i Luleälven, Malmfälten och Finland i alternativet med både el- och vätgasinfrastruktur.

Sträcka	Avstånd km	Elledning	Rörledning vätgas
Gällivare mot Kiruna	ca 80	1-2 st. 400 kV	
Luleälv mot Gällivare	ca 50		1 st. 1,5 GW
Luleälv mot Kiruna	ca 150		1 st. 4,5 GW
Längs Luleälven	ca 120	1-2 st. 400 kV	1 st. 4,5 GW
Finland mot Sverige	ca 120		1 st. 3,5 GW

Längs kusten i Sverige



Figur 4: Illustration över behovet av el- och vätgasinfrastruktur längs den svenska kusten i alternativet med både el- och vätgasinfrastruktur. I illustrationen har det undre spannet använts (se tabell nedan) för att visualisera behovet av elnät.

Överföringskapaciteten längs kusten norrut mellan elområde SE2 och SE1 bedöms också behöva öka. Behovet att överföra vätgas norrut antas bli 3,5 GW men det finns också ett behov att överföra el från inlandet till kusten där nya elektrolysörer antas kunna placeras. Om överföringarna till kusten också skulle kunna vara utförda som rörledningar har i denna analys inte övervägts närmare.

Det bedömda behovet av nätförstärkningar för en infrastruktur bestående av el- och vätgasinfrastruktur:

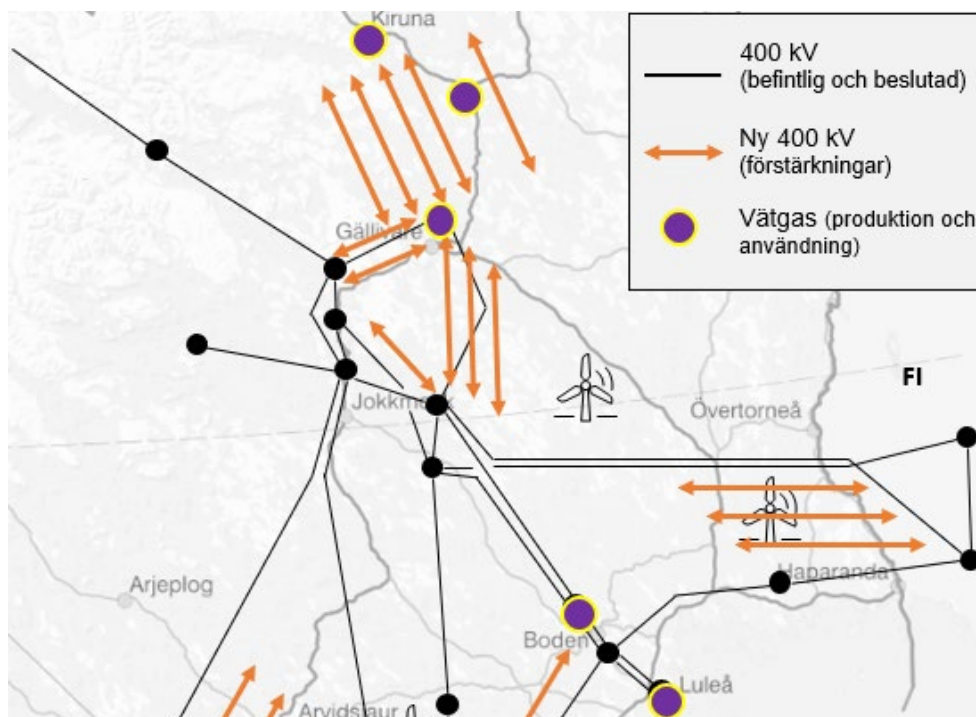
Tabell 2: Behov av el- och vätgasinfrastruktur längs den svenska kusten i alternativet med både el- och vätgasinfrastruktur.

Sträcka	Avstånd km	Elledning	Rörledning vätgas
SE2 norrut mot SE1	ca 250	1 st. 400 kV	1 st. 3,5 GW
SE2 österut mot kusten	ca 100	2-3 st. 400 kV	1 st. 4,5 GW

4.1.3 Alternativet med enbart elinfrastruktur

I den konceptuella målbilden för alternativet med enbart elnätstärkningar har motsvarande analys genomförts för att uppskatta hur mycket elnätstärkningar som skulle behövas för att möta samma behov och med samma förutsättningar som för alternativet med el- och vätgasinfrastruktur. I detta alternativ är samtliga elektrolysörer placerade där vätgasen används och all energi för el- och vätgasanvändning transporteras genom elnätet.

Luleälven, Malmfälten och Finland



Figur 5: Illustration över behovet av elinfrastruktur i Luleälven, Malmfälten och Finland i alternativet med enbart elinfrastruktur. I illustrationen har det undre spannet använts (se tabell nedan) för att visualisera behovet av elnät.

För att möta det antagna vätgasbehovet i Malmfälten utan vätgasinfrastruktur bedöms eleffekten behöva vara ca 10,5 GW, varav 9 GW till elektrolysörer för att kunna producera ca 6 GW vätgas samt 1,5 GW el för annat ändamål. För att överföra den effekten i elnätet behövs nätförstärkningar från Luleälven mot Gällivare och sedan vidare till Kiruna. Elnätet längs Luleälven behöver också förstärkas för att öka möjligheten att transportera eleffekt utmed Luleälven. Kapacitetsbehovet längs älven blir dock inte lika stort som vid alternativet med en vätgasledning eftersom förstärkningarna från Finland och söderifrån över snitt 1 kommer ansluta till flera olika punkter inom området vilket minskar det direkta överföringsbehovet längs Luleälven.

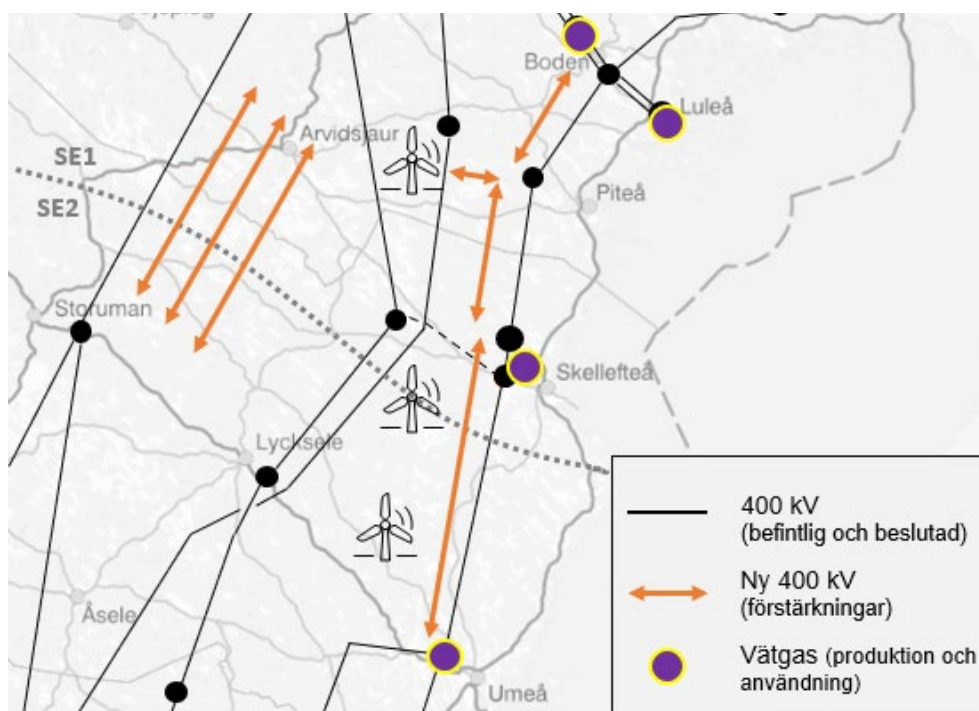
I alternativet behövs också investeringar i ökad elöverföringskapacitet mellan Sverige och Finland för att kunna tillverka stora volymer vätgas vid industrierna i Sverige. Behovet av överföringskapacitet mellan Sverige och Finland bedöms vara i storleksordningen 5 GW. Investeringarna i nytt elnät i östra Norrbotten kommer också att kunna utnyttjas för att ansluta ny elproduktion. Det nuvarande elnätet antas ha 1 GW tillgänglig kapacitet vilket innebär att ytterligare drygt 4 GW kapacitet behöver tillkomma.

Det bedömda behovet av nätförstärkningar för en infrastruktur bestående av enbart elinfrastruktur:

Tabell 3: Behov av elinfrastruktur i Luleälven, Malmfälten och Finland i alternativet med enbart elinfrastruktur.

Sträcka	Avstånd km	Elledning	Rörledning vätgas
Luleälv mot Gällivare	ca 80	5-6 st. 400 kV	
Gällivare mot Kiruna	ca 80	5-6 st. 400 kV	
Längs Luleälven	ca 120	1-2 st. 400 kV	
Finland mot Sverige	ca 120	3 st serie-kompenserade 400 kV	

Längs kusten i Sverige



Figur 6: Illustration över behovet av elinfrastruktur längs den svenska kusten i alternativet med enbart elinfrastruktur. I illustrationen har det undre spannet använts (se tabell nedan) för att visualisera behovet av elnät.

Om energiöverföringen från elområde SE2 till SE1 enbart sker genom elnätet bedöms behovet av ytterligare överföringskapacitet vara knappt 5 GW, vilket kan jämföras med dagens 3,3 GW. Elledningarna behöver dras direkt norrut och samla upp elproduktionen längs vägen och inte ut till kusten som i alternativet med el- och vätgasinfrastruktur eftersom

elektrolysörerna i detta alternativ är placerade vid industrierna och inte invid vätgasrörledningen.

Det bedömda behovet av nätförstärkningar utförda enbart med elinfrastruktur blir:

Tabell 4: Behov av elinfrastruktur längs den svenska kusten i alternativet med enbart elinfrastruktur.

Sträcka	Avstånd km	Elledning	Rörledning vätgas
SE2 norrut mot SE1	ca 250	4-5 st. 400 kV	

4.1.4 Lönsamhetsbedömning av de alternativa konceptuella målbilderna

Ingen fullständig samhällsekonomisk lönsamhetsbedömning enligt den metod som beskrivs tidigare i denna rapport har genomförts. I det följande presenteras dock en övergripande samhällsekonomisk jämförelse mellan de två konceptuella målbilderna. Marknadsnyttan av de båda alternativen har beräknats utifrån Svenska kraftnäts nuvarande metod för att bestämma lönsamheten för investeringar i transmissionsnätet. Detta görs genom marknadssimuleringar för scenarierna från den långsiktiga marknadsanalysen, LMA 2024. I de scenarierna har ett vätgassystem simulerats parallellt med elsystemet. Detta förutsätter en vätgasmarknad som fungerar på liknande sätt som dagens elmarknad, med marginalprissättning och timpriser som varierar utifrån den tillfälliga produktionskostnaden. Därför beaktas även nyttan som uppstår på vätgasmarknaden av att binda ihop olika områden med en vätgasledning, analogt till hur elmarknadsnyttan beaktas.

En fullständig samhällsekonomisk lönsamhetsbedömning innehåller fler poster än jämförelsen nedan. Vid sidan av investeringskostnader och marknadsnytta ska den också bland annat innehålla driftskostnader, livslängdsjämförelser, markintrångseffekter och bedömningar av leveranssäkerhet. Den marknadsnytta som beräknats utgår enbart från överföringskapacitet mellan elområden. I det här fallet möter de två alternativa näten samma energibehov, vilket gör att stora delar av den allmänna samhällsnytta som kan anses följa av en ökad elektrifiering och en omställning av industrin är likvärdig mellan alternativen vilket gör en överslagsmässig jämförelse möjlig.

Det finns också andra aspekter som inte har beaktats som påverkar den samlade samhällsekonomiska lönsamheten. Bland dem finns möjligheten att utnyttja värme och syre från vätgastillverkning. Även tillgång till vatten för elektrolysisprocesserna påverkar el- och vätgasnätsutformningen. En annan är i vilken grad större vätgaslager behöver etableras för att hantera leveranssäkerheten i ett sammanhängande vätgassystem, något som delvis beror på hur väl användning och tillförsel kan förväntas följa varandra. Även elsystemet kan förväntas påverkas i olika hög grad beroende på om det etableras större vätgaslager eller inte, t.ex. kommer sannolikt volatiliteten i elpriser och kostnader för balansering att minska vid ökade möjligheter för vätgassystemet att agera mer flexibelt.

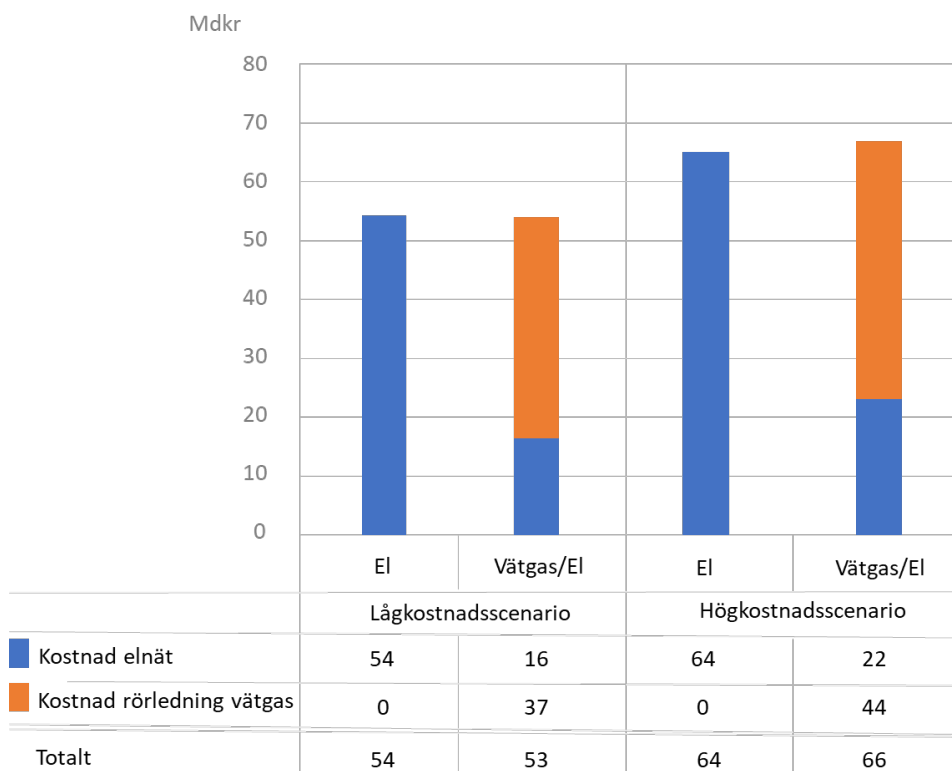
Investeringskostnader

Kostnaderna för elinfrastruktur är baserade på de schablonkostnader från pågående och avslutade åtgärder för växelströmsledningar och stationer som Svenska kraftnät använder i myndighetens arbete med utvecklingen av transmissionsnätet. Ledningslängderna är grovt uppskattade. För en likvärdig kostnadsuppskattning för vätgasinfrastruktur har Svenska kraftnät använt sig av specialistkompetens från konsultbolaget DNV.

I båda fallen har många förenklade antaganden runt tekniskt utförande, möjlighet att komma fram i naturen och så vidare behövt göras. Bedömningen är dock att de resulterande kostnadsuppskattningarna bör vara, om inte en god absolut uppskattning av den slutliga kostnaden så tillräckligt representativa för en jämförelse mellan alternativen. Kostnaderna är i 2025 års prisnivå och är inte inflationsjusterade och omfattar endast åtgärder i Sverige. I båda fallen krävs elnät respektive vätgasrörledningar även på finsk sida som inte är inkluderade i analysen.

Den samlade kostnadsuppskattningen för respektive alternativ ges i diagrammet nedan. Kostnaderna har beräknats i ett låg- respektive högkostnadsscenario för att indikera osäkerheten i uppskattningarna. För vätgasinfrastrukturen påverkas kostnaden också av lokalisering och dimensionering av kompressorstationer, som kräver en mer detaljerad analys av möjliga flöden i rörledningen för att bestämmas.

Även valet av rördimensioner spelar in till viss del men eftersom förläggningskostnaden för rörledningar utgör en betydande del av kostnaden är det troligt att det i en kommande utbyggnad skulle kunna vara effektivt att välja en större rördimension än den som anges ovan för att skapa marginal för ökade överföringsbehov.



Figur 7: Beräknade investeringskostnader för respektive målbildsalternativ i ett låg- och högstnadsscenario.

De direkta investeringskostnaderna för de båda alternativen bedöms vara relativt likvärdiga. Det ska dock noteras att detta enbart är en uppskattning av de direkta investeringskostnaderna och att inga uppskattningar av t.ex. drift- och underhållskostnader ingår, inte heller skillnader i teknisk livslängd.

Överföringskapacitet

Ett kombinerat el- och vätgasnät ger endast en mindre ökning av elhandelskapaciteter mellan elområden, eftersom den största delen av den tillkommande energiöverföringen sker i vätgasrörledningarna. En utbyggnad av enbart elinfrastruktur ger å andra sidan betydande öknings av elhandelskapaciteten mellan Sverige och Finland, SE1-FI, samt mellan elområde SE2 och SE1. I båda alternativen finns dessutom interna förstärkningar av nätet inom SE1 som inte direkt omsätts till en ökad överföringskapacitet i den marknadsmodell som använts. Dessa förstärkningar är betydligt större i fallet med enbart elinfrastruktur, eftersom elen måste transporteras till de stora förbrukningsområdena runt Malmfälten.

I tabell 5 nedan redovisas de uppskattade överföringskapaciteter i respektive undersökningsalternativ. Värdena i kolumnerna för elinfrastruktur avser tillgänglig överföringskapacitet el medan kolumnerna för vätgasinfrastuktur avser vätgaseffekt.

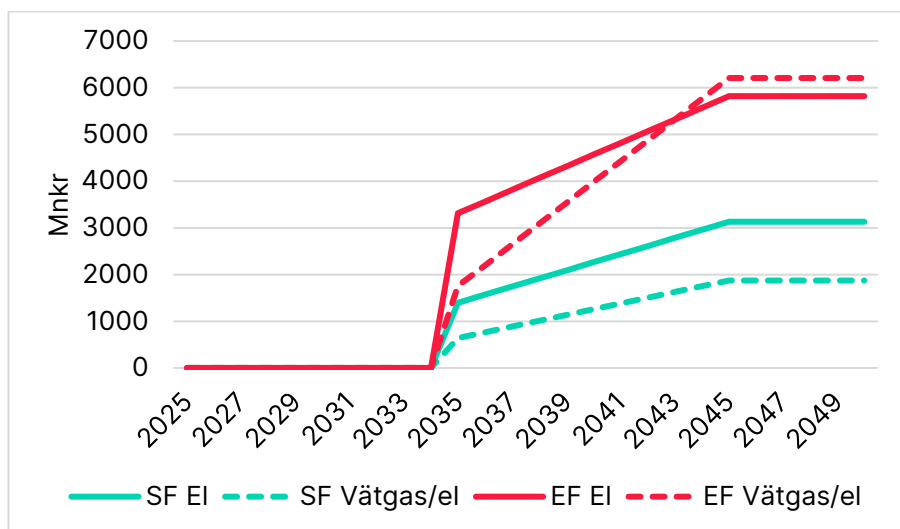
Tabell 5: Förändring i överföringskapacitet i respektive alternativ.

Överföringskapacitet (GW)	SE1-FI EI	SE1-FI Vätgas	SE1-SE2 EI	SE1-SE2 Vätgas
El- och vätgasinfrastuktur	2	5,3	4,3	5,3
Elinfrastuktur	5	-	5,8	-

Marknadsnytta

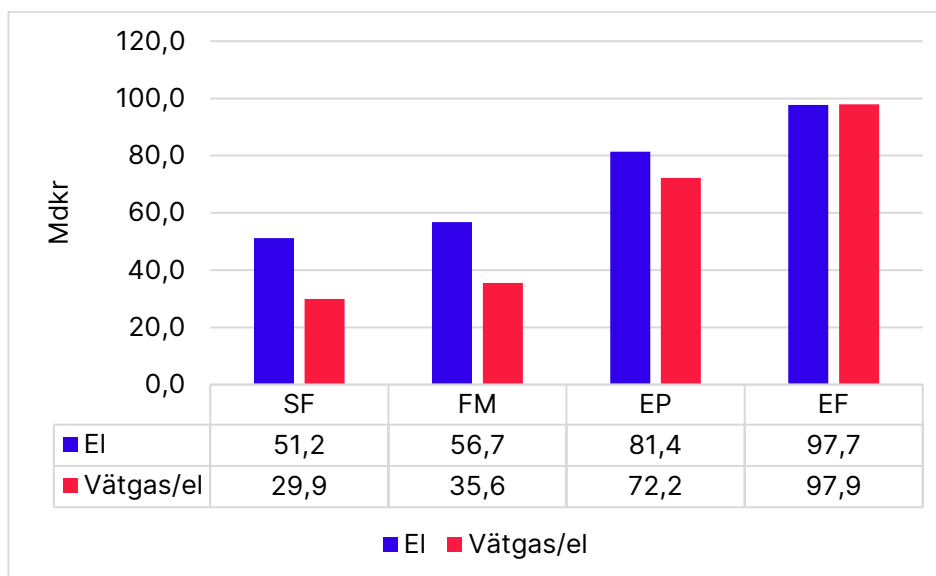
Beräkningen av marknadsnyttan har genomförts på samtliga scenarier från Svenska kraftnäts senaste långsiktiga marknadsanalys. De två högelektrifieringsscenarierna EF och EP stämmer i huvudsak överens med den utveckling som antogs i framtagandet av alternativen. De scenarier som använts beskrivs fullständigt i Svenska kraftnäts Långsiktiga marknadsanalys 2024.

Analyserna har genomförts för 2035 respektive 2045. Investeringar i ny el- och vätgasinfrastuktur har förenklat antagits vara på plats redan 2035. Marknadsnyttan mellan de två analysåren har därefter linjärt interpolerats mellan 2035 och 2045. I figur 8 nedan visas den årliga nyttan för scenarierna med lägst respektive högst marknadsnytta. De streckade kurvorna avser utbyggnad av el- och vätgasinfrastuktur medan de heldragna kurvorna visar en utbyggnad av enbart elinfrastruktur enligt målbildsalternativen.



Figur 8: Marknadsnyttan av målbildsalternativen i Svenska kraftnäts högsenariot (EF, Elektrifiering förnybart) respektive lågsenariot (SF, Småskaligt förnybart) för den framtida elanvändningen.

I analysen nuvärdesberäknas nyttorna utifrån en livslängd om 60 år och med en diskonteringsränta om 3,5 procent till basåret 2025 för att jämföras med investeringskostnaderna. I figur 9 nedan visas de nuvärdesberäknade nyttorna.



Figur 9: Nuvärdesberäknad marknadsnytta för alternativen i respektive scenario från LMA 2024.

Den beräknade marknadsnyttan i alternativet med enbart elinfrastruktur är högre eller lika stor som den i alternativet med både el- och

vätgasinfrastruktur i samtliga scenarier. Högre kapacitet i elnätet genom att enbart bygga elinfrastruktur bidrar främst till att jämna ut priser på elmarknaden och skapar därför nytta för all elanvändning och elproduktion, vilket inkluderar elanvändning för elektrolysörer. Detta ger en stor marknadsnytta även i scenarierna SF och FM där vätgasbehovet är lägre. Överföringskapacitet i form av en vätgasledning bidrar främst till att jämna ut priser på en framtida vätgasmarknad. Detta har också en indirekt effekt på elpriserna, men den totala marknadsnyttan blir oftast lägre, eftersom vätgasproduktionen är en mindre del av elanvändningen i Sverige och Norden.

I beräkningarna av marknadsnyttan så beaktas effekten från en vätgasmarknad som liknar dagens elmarknad, d.v.s. med förändringar i konsument- och producentöverskott samt flaskhalsinkomster från överföring av vätgas. Flaskhalsinkomsterna för vätgas blir oftast små, eftersom man i alternativet med enbart elinfrastruktur har isolerade vätgasmarknader, medan man i fallet med både el- och vätgasinfrastruktur i princip utjämnar alla prisskillnader för vätgas i elområdena SE2-SE1-FIN.

Ökad energisäkerhet

Om ett stort vätgassystem etableras som ett komplement till det nationella elsystemet ökar möjligheterna att försörja hela eller delar av olika verksamheter vid mer långvariga störningar i ett av systemen. Detta sker dock inte utan att anpassningar och investeringar hos energianvändarna görs. Detta kan t.ex. ske genom vätgasdrivna gasturbiner eller lokala elektrolysörer för tillverkning av kritiska volymer vätgas vid störning i externa gasleveranser. Sannolikt krävs också mer centrala åtgärder vad gäller gaslager eller möjlighet att föra in vätgas i systemet från importerade källor. Tillgång till ett robust system för vätgas som ett alternativ till elnätet skulle också på sikt kunna bidra till ökad alternativa reservkraftlösningar eller tillverkning av e-bränslen för kritiska transportbehov. Etableringen av ett överföringssystem i Norrbottens och Västerbottens län kan i detta perspektiv anses utgöra en startpunkt för ett framtida nationellt system som når eller passerar flera storstadsregioner där dessa nyttor kan vara betydande vid kris och krig.

Svenska kraftnäts bedömning är att det finns stora fördelar med ett robust storskaligt vätgassystem ur detta perspektiv men någon kvantifierad analys av dessa fördelar i ekonomiska termer har inte gjorts.

Intrång

Det är ingen tvekan om att det stora antal elledningar som skulle behövas för att möta de långsiktiga behoven av el och vätgas i Norrbottens och Västerbottens län med enbart elinfrastruktur kommer att bli mycket utmanande att realisera vad gäller intrång i mark och natur. Utmaningen är betydande redan med de ledningar som behövs för att möta industrins behov av el för andra ändamål än för vätgasproduktion som redovisas i alternativet med el- och vätgasinfrastruktur. Det finns svårigheter med framkomlighet och tillstånd även för rörledningar för vätgas, även om det förutsätts att de förläggs under mark. Den stora effektöverföringsförmågan i vätgasrörledningar medför att det i detta planeringsskede antas att det endast behövs en rörledning på de sträckor som är aktuella i Norrbottens och Västerbottens län, vilket reducerar intrångseffekterna betydligt jämfört med de ytterligare 400 kV-ledningar som skulle vara alternativet.

Svenska kraftnät bedömer att en utveckling mot ett samplanerat el- och vätgasnät skulle kunna genomföras med betydligt större lokalt stöd, med mindre påverkan på olika naturvärden och mindre konflikt med försvarsintressen än ett system med enbart elinfrastruktur.

Framkomligheten för alla sorters infrastruktur i norra Sverige möter utmaningar med att passera och samexistera med områden med höga naturvärden i form av världsarvet Laponia, naturreservat, Natura 2000-områden och nationalparker. En samplanering kan minimera intrånget och därmed förbättra möjligheterna för en god lokal dialog. Det är svårt att värdera detta i ekonomiska termer, men det bör kunna översättas i en minskad risk för betydande förseningar i genomförandet samt minskade samhällskostnader i form av negativ miljöpåverkan.

Ingen analys har dock genomförts av hur de förbindelser som beskrivs i de konceptuella målbilderna i praktiken skulle kunna dras. Även om det samlade intrånget bedöms bli betydligt lägre i ett samplanerat el- och vätgassystem finns begränsningar att ta hänsyn till när det gäller hur el- och vätgasinfrastruktur kan placeras i förhållande till varandra. Detta beror bl.a. av de olika typer av säkerhetsavstånd och skyddsåtgärder som behöver finnas för att el- och vätgassystemen ska kunna ha tillräckligt hög person- och driftsäkerhet. Arbetet pågår med de tekniska utredningar och regelverk som behövs. Hur dessa slutligen utformas är något som behöver beaktas i en framtida ruttplanering.

Genomförbarhet

Det stora antalet ytterligare elledningar i jämförelsenätet behöver också värderas ur perspektivet om det riskerar att ge negativ påverkan på förmågan att genomföra andra elnåtsåtgärder som Svenska kraftnät planerar. Leverantörsmarknaderna för elektrisk utrustning, utförandeentreprenader och relaterade tjänster är i dag hårt belastad av den stora elektrifieringen som sker världen över. Det är svårt att se om den situationen kommer att förbättras betydligt framöver men det kan anses finnas en risk att prioriteringar vad gäller tidsaspekter kan komma att göras mellan olika åtgärder. Svenska kraftnät har ett stort behov av att förnya åldrande elinfrastruktur för att vidmakthålla person- och driftsäkerheten i det befintliga systemet, något som kan göras genom strukturförändringar som också leder till högre överföringskapaciteter. Dessa åtgärder har ett mycket högt samhällsekonomiskt värde och kan anses vara högt prioriterade vid eventuella genomförandebegränsningar.

Svenska kraftnät anser att det finns fördelar ur ett genomförandeperspektiv med att delar av det mycket stora tillkommande överföringsbehovet av effekt för tillverkning av vätgas kan ske genom rörledningar för vätgas i ett samplanerat el- och vätgasnät. Den ekonomiska effekten av detta är sannolikt inte betydande, och kan helt komma att utebli om bristerna i leverantörsmarknaderna försvinner, men det kan komma att ha en positiv påverkan på genomförandetiderna. Det är dock möjligt att även utbyggnaden av rörledningssystem för vätgas kan komma att se en motsvarande situation med brister på leverantörsmarknaderna vilket kan leda till långa genomförandetider även för rörledningar för vätgas.

4.1.5 Slutsatser och val av konceptuell målbild

Resultaten från den övergripande analysen indikerar att det endast är vid en utveckling mot en hög nivå av vätgasanvändning som en omfattande vätgasinfrastruktur kan utgöra ett konkurrenskraftigt komplement till elnåtsutbyggnaden. Detta är också den förutsättningen som Svenska kraftnät har haft som utgångspunkt för den konceptuella målbild som presenteras i denna rapport och som den tioåriga planen ska ses som ett första steg mot. Även om det fortsatt finns stora osäkerheter runt hur vätgasbehovet utvecklas finns vid det antagna behovet klara fördelar, om än inte rent ekonomiskt, med ett samplanerat el- och vätgasnät och det är därför en sådan konceptuell målbild visas i figur 10 nedan.

Baserat enbart på nettot av investeringskostnader och marknadsnytta visar sig alternativet med enbart elnät lönsamt i analysens samtliga

scenarier medan en utveckling mot ett storskaligt vätgassystem som kompletterar elnätet enbart visar lönsamhet i scenarierna med högst elanvändning. Detta kan tolkas som att en mer stegvis utveckling med elnätsförstärkningar kan vara mer ekonomiskt robust mot förändringar i förutsättningarna. Det ska dock framhållas att analysen är begränsad till att enbart beakta investeringskostnader och överföringskapacitet mellan elområden.

Trots att analysen indikerar att alternativet med enbart elnät skulle kunna vara något mer samhällsekonomiskt lönsamt och mer robust vid en utveckling med reducerade el- och vätgasbehov finns fler områden som måste beaktas vid en samhällsekonomisk bedömning av de möjliga infrastrukturlösningarna. Som redan nämnts är analysen ovan inte en fullständig samhällsekonomisk lönsamhetsbedömning. Svenska kraftnät har alltså inte genomfört någon djupare analys av de övriga samhällsekonomiska effekter som normalt ingår i en sådan samlad bedömning. Redan bedömningen av de tre samhällsekonomiska effekterna energisäkerhet, intrång och genomförbarhet som beskrevs ovan gör det skäligt att anta att det finns stora samhällsekonomiska effekter kopplade till dem. Det kan särskilt anses gälla för det stora intrång som en omfattande utbyggnad av elnät till Malmfälten skulle innebära för att möta det antagna behovet av el för tillverkning av vätgas på plats vid industrierna.

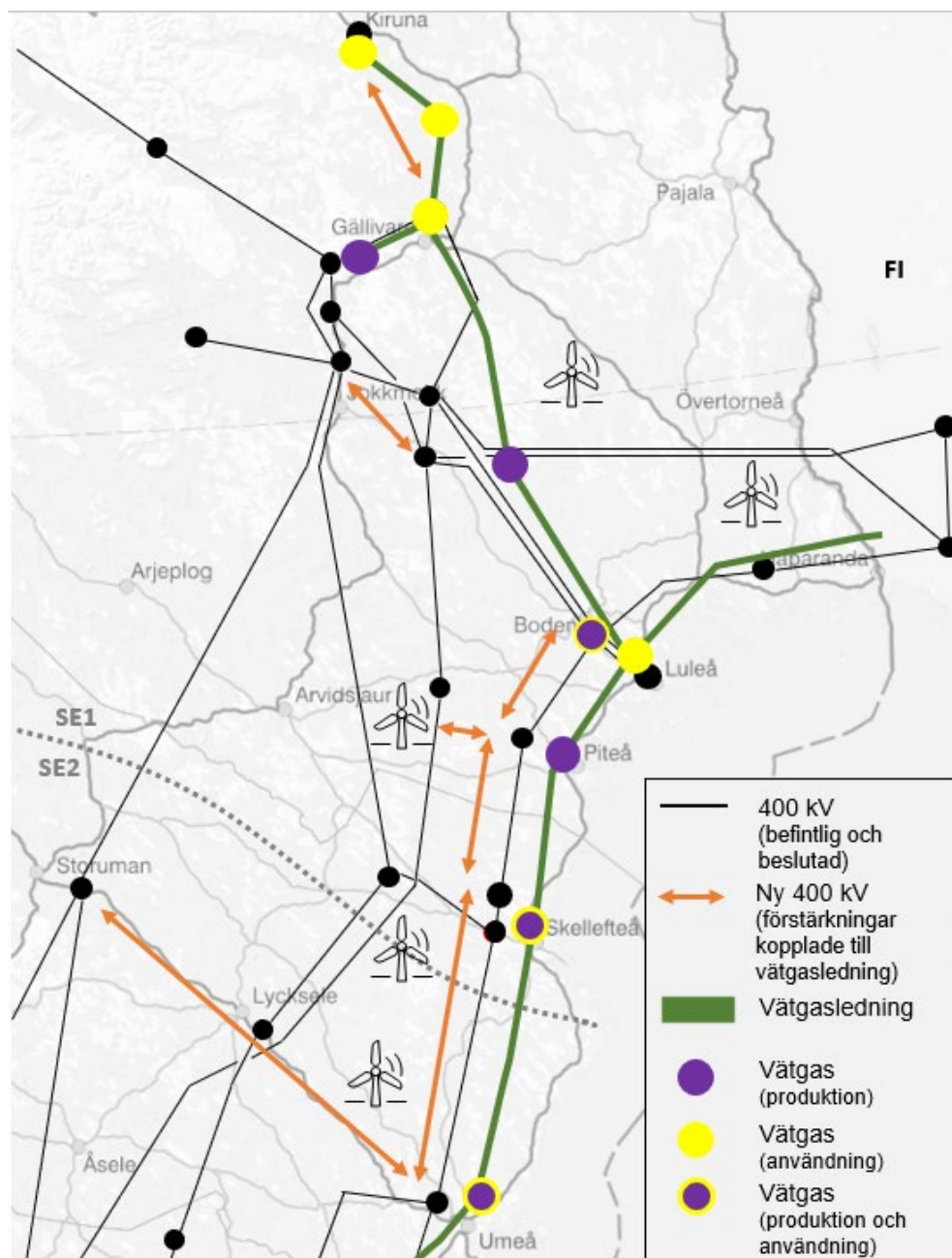
Svenska kraftnät gör därför den samlade bedömningen att den konceptuella målbild som ger bäst förutsättningar för att möta det behov av energileveranser som följer av en omfattande elektrifiering av befintlig och tillkommande industri i Norrbottens och Västerbottens län utgörs av både el- och vätgasinfrastruktur. Det finns dock stora osäkerheter i framför allt efterfrågan på vätgas avseende både tid och volymer som behöver beaktas vid den faktiska utvecklingen.

Ett sätt att hantera den osäkerheten men också för att reducera behovet av elnätsinfrastruktur är att se hur en stegvis utveckling med enskilda rörledningssträckor för vätgas kan passa in i infrastrukturbehovet. Svenska kraftnät har inte inom ramen för detta uppdrag studerat hur en lösning med enskilda, inte sammankopplade, vätgasrörledningar skulle falla ut i en jämförelse med de två presenterade konceptuella målbilderna. En sådan lösning skulle med utgångspunkt från en infrastrukturlösning med enbart elnät syfta till att delvis omlokalisera elektrolysörerna från en placering invid industrierna till en plats anslutningspunkter med bättre kapacitetsförutsättningar, vilket leder till mindre elnätsutveckling och som kan vara förmånlig även ur andra aspekter. Vätgasen skulle sedan

överförs med en dedikerad rörledning till den aktuella industrin i vad som kan ses som isolerade system.

En utveckling i den riktningen pågår redan och utgör en del av de lösningar som diskuteras mellan de inblandade parterna. De rörledningar för vätgas som presenteras i den tioåriga planen i nästa avsnitt skulle kunna utgöra sådana fristående ledningar. De har också på sikt möjlighet att utgöra en del i ett framtida sammankopplat vätgassystem, under förutsättning att de tekniskt utformas för att kunna utgöra en del av ett sådant, och ingår därmed i den konceptuella målbild som presenteras.

Svenska kraftnät har slutligen inte heller studerat om det skulle vara samhällsekonomiskt mer effektivt att lokalisera även andra delar av den tillkommande elanvändningen än den som är kopplad till vätgasproduktion till platser där tillgången till el är bättre. Detta skulle kunna ske t.ex. genom att transportera järnmalm till andra platser i stället för att processa den inom dagens etablerade lokaliseringar.



Figur 10: En konceptuell målbild för utbyggnaden av el- och vätgasinfrastuktur.

4.2 Utveckling inom ramen för en tioårsplan

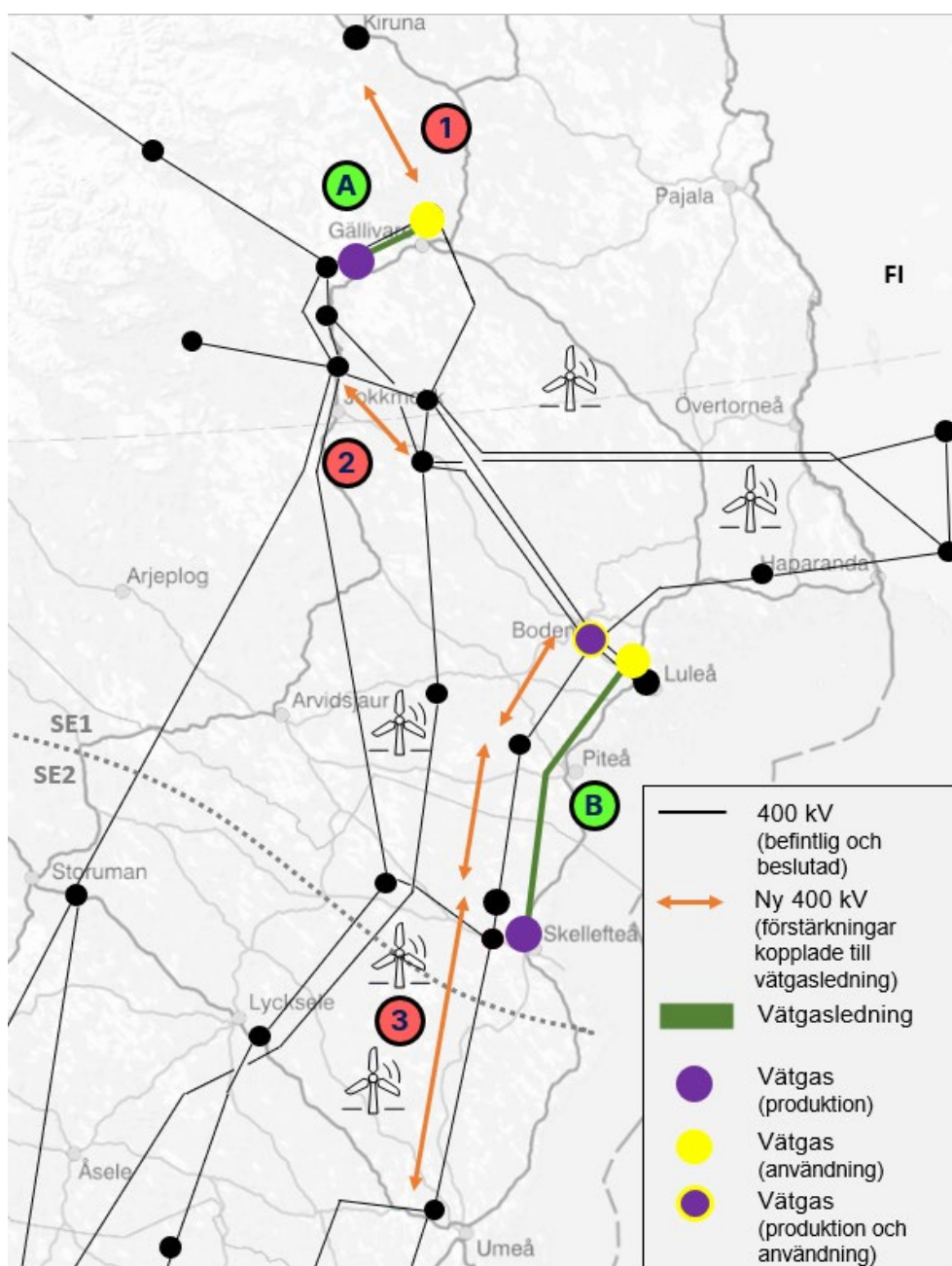
I detta avsnitt redovisar Svenska kraftnät en tioårig plan för utbyggnad av el- och vätgasinfrastuktur i Norrbottens och Västerbottens län under

perioden 2026-2035. Planen utgår, som tidigare beskrivet, från den konceptuella målbilden och innehåller de nätåtgärder för el- och vätgas som bedöms kunna realiseras inom tioårsperioden. Planen ska därmed inte förväxlas med Nätutvecklingsplan 2026-2035, som redogör för samtliga planerade investeringar och pågående utredningar i transmissionsnätet för el och som myndigheten planerar att publicera innan årsskiftet 2025/26.

Den tioåriga planen visas i figur 11. För att öka tydligheten har Svenska kraftnät valt att inte inkludera nätåtgärder som inte har direkt koppling till det ökade behovet av el i Norrbottens och Västerbottens län, som t.ex. ledningsförnyelser och stationsåtgärder utan större påverkan. Svenska kraftnät har också, av samordningsskäl, valt att även i denna rapport arbeta med den kommande nätutvecklingsplanens tidsperspektiv 2026-2035.

Till skillnad från den konceptuella målbild som hade till syfte att illustrera vilken el- och vätgasinfrastruktur som skulle kunna behövas vid en fullständigt genomförd elektrifiering i Norrbottens och Västerbottens län så utgår planen från behov som behöver mötas inom den kommande tioårsperioden. I det följande redovisas behoven för den kommande tioårsperioden för utbyggnad av el- och vätgasinfrastruktur baserat på aktuella ansökningar om anslutning som Svenska kraftnät och regionnätsföretagen har mottagit.

El- och vätgasledningarna som ingår i tioårsplanen har sin grund i de anslutningsutredningar som pågår i kombination med Svenska kraftnäts bedömning av hur väl de passar in i den konceptuella målbilden.



Figur 11: Plan för utbyggnad av el- och vätgasinfrastruktur i Norrbottens och Västerbottens län 2026-2035. Markeringarna hänvisar till planerade åtgärder i tabell 8.

4.2.1 El och vätgasbehov

Behoven som ligger till grund för tioårsplanen är inkomna anslutningsansökningarna. En summering av årsvisa kapacitetsanspråk i inkomna ansökningar om anslutning till transmissionsnätet utgör därmed underlag för behovet av ökad överföringskapacitet. De prognoser som fås genom den här typen av sammanställningar kan sägas ge en

ögonblicksbild av det aktuella affärsmässiga intresset hos aktörer att ansluta till elnätet. Intresset är typiskt konjunkturkänsligt och beror av många omvärldsfaktorer som inte direkt är relaterade till nätanslutningsfrågan. Det faktum att flera aktörer allt som oftast befinner sig i en tidig, sonderande fas bidrar också till stor osäkerhet. Svenska kraftnäts uppföljning av anslutande parterers mognadsgrad och hårdare tidsfrister för reservationer av kapacitet innebär slutligen också att behovssammanställningar av det här slaget är tämligen föränderliga.

I tabell 6 redovisas en övergripande prognos över tillkommande industrirelaterad elanvändning baserat på ansökningar om anslutning till transmissionsnätet från Vattenfall och Skellefteå Kraft till och med november 2024. Det finns också planer på nya industrietableringar (datacenter med mera) anslutna mot Ellevios nät i Piteå kommun. Dessa är dock inte inkluderade sammanställningen.

Vattenfall och Skellefteå Kraft har på begäran av Svenska kraftnät särredovisat vilken andel av den tillkommande efterfrågade nätkapaciteten som avser effektuttag för vätgasproduktion. Mellan år 2030 till år 2035 ökar, enligt detta prognosperspektiv, denna andel från 47 procent (effektbehov 2 600 MW) till ca 60 procent (effektbehov 7 000 MW).

Tabell 6: Övergripande behovsprognos för elanvändning i Norrbottens och Västerbottens län, baserad på ansökningar om anslutning till transmissionsnätet till och med november 2024.

	2030	2033	2035
Boden / Luleå			
El till vätgas	800	1 900	1 900
El annan industriell användning	1 900	3 100	3 100
Övriga Norrbotten			
El till vätgas	1 000	2 900	4 300
El annan industriell användning	200	800	800
Västerbotten			
El till vätgas	800	800	800
El annan industriell användning	800	800	800
TOTAL			
El till vätgas (MW)	2 600	5 600	7 000
El annan industriell användning (MW)	2 900	4 700	4 700
Total (MW)	5 500	10 300	11 700
Varav vätgas (%)	47	54	60

4.2.2 Beslutade åtgärder i transmissionsnätet för el och vätgas

I tabell 7 nedan redovisas pågående transmissionsnätsåtgärder som bedöms kunna färdigställas inom den redovisade tidperioden. Eftersom dessa åtgärder redan är beslutade har Svenska kraftnät utgått från dessa i sin plan för utbyggnaden av el- och vätgasinfrastruktur i Norrbottens och Västerbottens län. Totalt omfattar de aktuella åtgärderna ca 550 kilometer ny 400 kV-ledning.

Vi sidan av ledningsprojekten pågår också ett stort antal stationsförnyelser i transmissionsnätet utmed Luleälven, Skellefteälven och Umeälven. En fullständig förteckning över dessa projekt finns i Svenska kraftnät Nätutvecklingsplan 2024-2033.

Tabell 7: Beslutade åtgärder för elinfrastruktur på transmissionsnivå i Norrbottens och Västerbottens län.

Beslutade åtgärder	Drifttagning	Funktion i elnätet
Aurora Line, ny 400 kV-ledning	2025	Ökad kapacitet Finland-Sverige
Porjusberget–Naalöjärvi, ny 400 kV-ledning	2029	Överföring Luleå Älv–Gällivare
Letsi–Svartbyn, ny 400 kV-ledning	2028	Möjliggör stora effektuttag utmed Norrlandskusten
Svartbyn–Hällmyran, nya 400 kV-ledningar	2028	Möjliggör stora anslutningar i Luleå
Malånäset–Högnäs, ny 400 kV-ledning	2030	Tvärförbindelse som säkerställer redundans till Norrlandskusten
Naalöjärvi–Messaure, ny 400 kV-ledning	2031	Överföring Luleå Älv–Gällivare

4.2.3 Utvecklingsbehov inom tioårsperioden

I tabell 8 nedan redovisas åtgärder som inte beslutats men som Svenska kraftnät anser behöver övervägas för att möta behoven av el- och vätgastransmission inom kommande tioårsperiod. Således är det en förteckning över de åtgärder, utöver de redan beslutade, som ingår i planen.

En bedömning om framkomlighet och byggbarhet för vätgasledningssträckorna i tioårsplanen har inte studerats i detta uppdrag utan görs som del i tillståndsprövsprocess och genomförande för de aktuella projekten. Som tidigare beskrivits är hinder för framkomligheten och byggbarheten en risk, men generellt sett bedöms riskerna kopplade till framkomlighet större för en systemutbyggnad där vätgasledningar inte inkluderas eftersom det krävs flera elledningar och därför ett större intrång för att försörja samma effekt för vätgas som en vätgasledning kan försörja.

Tabell 8: Åtgärder under övervägande/utredning för el- och vätgasinfrastruktur på transmissionsnivå i Norrbottens och Västerbottens län.

	Åtgärder under övervägande/utredning	Funktion i energisystemet
1.	Gällivare-Svappavaara-Kiruna, elnätsförstärkning	Elförsörjning området Malmfälten
2.	Luleå älv mot Porjus, elnätsförstärkning	Hantering av interna flaskhalsar
3.	Snitt 1, elnätsförstärkning	Reinvestering och förstärkning av Snitt 1
A	Porjus-Gällivare, vätgasledning	Vätgasöverföring från Luleå älv till Gällivare
B	Skellefteå-Luleå, vätgasledning	Vätgasöverföring från Skellefteå till Luleå

1. Gällivare-Svappavaara-Kiruna, elnätsförstärkning

Svenska kraftnät studerar för närvarande möjligheten att utvidga transmissionsnätet från Gällivare kommun i riktning mot Svappavaara och Kiruna. Syftet med en sådan nätutbyggnad är att tillhandahålla el till LKAB:s utökade gruvverksamhet samt till koldioxidfri pelletisering och järnsvampsproduktion. Eftersom det råder stor osäkerhet kring LKAB:s tidplan för planerade industriella förädlingsverksamheter i Kiruna och Svappavaara så är tidpunkten för åtgärdernas realisering i dagsläget svårbedömd. Åtgärden inkluderas som ett utvecklingsbehov inom tioårsperioden då regionnätet upp till Kiruna inte har tillräckligt med kapacitet för att hantera den mycket elintensiva omställningen av koldioxidfri järnsvampsproduktion. Svenska kraftnät avser ytterligare belysa frågan om behovsbilden för elnätsförstärkningar i norra Norrbottens län inom ramen för det nya regeringsuppdrag (KN2025/01074) som myndigheten fick i maj 2025.

2. Luleå älv mot Porjus, elnätsförstärkning

Utmed den mellersta delen av Stora Luleälven studerar Svenska kraftnät för närvarande olika nätutbyggnadsalternativ för att möjliggöra anslutning av ny vätgasproduktion i Porjus. Utredningen färdigställs i etapper och planeras vara klar under 2026. Svenska kraftnät förväntar sig att utredningen kommer att mynna ut i ett samlat utbyggnadsförslag på åtminstone två nya stationer och en helt ny ledning utmed Luleälven i Jokkmokks kommun.

3. Snitt 1, elnätsförstärkningar

I september 2024 slutredovisade Svenska kraftnät regeringsuppdraget "Mål för ökning av överföringskapacitet mellan Sveriges elområden". För det interna överföringssnittet 1 mellan SE1 och SE2 har Svenska kraftnät fastslagit att målsättningen ska vara att öka överföringskapaciteten i norrgående riktning, från dagens 3 300 MW till 5 500 MW fram till år 2035.

Snitt 1 består idag av fyra stycken 400 kV-ledningar. Dessa förbinder stationer placerade utmed Skellefteälven i söder med kopplings- och transformatorstationer utmed Luleälven i norr. Snittets äldsta ledningar finns längs västerut närmast fjällvärlden.

År 2025 har Svenska kraftnät initierat en utredning som syftar till framtagning av en reinvesterings- och förstärkningsstrategi av Snitt 1. Utredningen utgör den första delen av Svenska kraftnäts handlingsplan för att möjliggöra en ökning av den norrgående överföringskapaciteten till mitten av 2030-talet. Åtgärderna förväntas också leda till ökade möjligheter att tilldela mer kapacitet åt de elintensiva verksamheter som planeras utmed Luleälven i Jokkmokks kommun. Svenska kraftnäts målsättning är att kunna fatta ett beslut om åtgärder i slutet av 2025.

A. Porjus-Gällivare, vätgasledning

LKAB:s planer på en ny vätgasfabrik i Porjus, som bedöms kunna vara i drift i slutet av kommande tioårsperiod, bygger på föresatsen att det också byggs en vätgasledning mellan Porjus och Gällivare, där LKAB:s behov av vätgas som insatsvara finns. Den vätgasrörledning som behövs för att transportera vätgasen från Porjus till Gällivare ingår därför i tioårsplanen.

B. Skellefteå-Luleå, vätgasledning

Det pågår ett projekt med syfte att etablera en större transmissionsledning för vätgas mellan Letsi och Luleå. Projektet drivs av Nordion Energi inom ramen för industrisamarbetet Power2Earth, som är ett partnerskap mellan Nordion Energi, Lantmännen och Fertiberia. Ett offentligt samråd om vätgasledningen Letsi-Luleå hölls hösten 2024. Den aktuella rörledningen utgör också en del av Nordic Hydrogen Route.

Premissen i det industriella partnerskap som omgärdar Letsi-Luleå-projektet är att en vätgasfabrik ska byggas i närheten av Letsi vattenkraftverk utmed Lilla Luleälven. Vätgasen ska sedan transporteras

via den föreslagna vätgasledningen ned till Luleå, där gasen ska användas.

Svenska kraftnät anser dock att en annan dragning är att föredra om behovet av vätgasförsörjning i Luleåområdet skall mötas, då möjlighet till anslutning av elektrolysörer tidigare kommer kunna göras i Skellefteå än i Letsi. Luleå-Letsi bedöms därför inte som rimlig att realisera inom planens tioårshorisont, men finns kvar i den långsiktiga målbilden som en del av en rörledning för vätgas längs Luleälven. Svenska kraftnät konstaterar att en alternativ placering av elektrolysörer och därmed även en alternativ dragning av vätgasförsörjningen till Luleå är mer trolig. Av den anledningen ingår en vätgasledning från Skellefteå till Luleå i tioårsplanen.

Svenska kraftnät
Box 1200
172 24 Sundbyberg
Sturegatan 1

Tel: 010-475 80 00
Fax: 010-475 89 50
www.svk.se

