

GROVRISKANALYS AV TEKNISKA RISKER VID SAMFÖRLÄGGNING I LEDNINGSGATOR

Särskilt uppdrag för Svk



Grovriskanalys av tekniska risker vid samförläggning i ledningsgator

Identifiering av tekniska risker inom ramen för en
förstudie om möjligheten för markförläggning av
rörledningar med vätgas i transmissionsnätets
ledningsgator

SARA HUGESTAM & BERTIL WAHLUND, ENERGIFORSK
MED ETT KAPITEL SKRIVET AV
OSKAR ZUBAC & MARKUS GLENTING, SWECO
SAMT ETT AVSNITT FRÅN
MARCUS RUNEFORS, LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA

© Energiforsk april 2024

Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se | www.energiforsk.se

Förord

Detta uppdrag är en del av en förstudie om samförläggning av el- och vätgasinfrastruktur. Vätgasen är återkommande central i den svenska och internationella klimat- och energiomställningen. En viktig del är den potentiella byggnationen av en (storskalig) vätgasinfrastruktur med ett system av rörledningar för transport och lagring. Det allmänna intresset för frågan i Sverige har ökat med tanke på industrins satsningar, framförallt i norr, och med tanke på den hastighet med vilken energiomställningen behöver genomföras.

Industriparter har de senaste åren tagit initiativ till dialoger med bland annat Affärsverket svenska kraftnät (Svk) i syfte att utforska möjligheterna till förläggning av vätgasledningar i, eller mycket nära, befintliga och planerade ledningsgator för transmissions- och regionnät. Flera parter, inklusive Svk, har på sina respektive håll undersökt frågan. Svk gav Energiforsk i uppdrag att ta fram de tekniska riskerna (oberoende av andra faktorer som påverkar lämpligheten av att förlägga vätgasledningar i närheten av transmissionsnätsledningar) som en del av en förstudie och det genomfördes huvudsakligen genom en kvalitativ grovriskanalys ledd av Sweco. Energiforsk har även sammanställt det referensmaterial som framkommit under förstudien inklusive frågan om nödvändigt horisontellt avstånd vid samförläggning.

Under denna del av förstudien har flera parter generöst delat med sig av sin kunskap och ökat varandras kompetens. En förhoppning är att arbetet – både diskussionerna och den här rapporten – kan leda till kunskapshöjning hos ännu fler utanför riskanalysen samt ligga till grund för vidare studier och analyser.

Energiforsk riktar ett tack till Svk för uppdraget och särskilt till Marc Thevenot som uppdragsledare för gott samarbete samt utbyte av kunskap och tillgång till en stor mängd underlag.

Ett tack även till Sweco som skickligt understött uppdraget med sin riskexpertis och Marcus Runefors med sin brandforskningsexpertis.

Ett sista tack till alla organisationer och personer som har deltagit i riskworkshop, granskat rapporten och/eller frikostigt delat med sig av sin kunskap via mejl, telefonsamtal eller digitala möten.

Sara Hugestam, april 2024

Revidering av rapporten

2024-06-13: En korrigerig har gjorts gällande tillämpbarheten av MSBFS 2020:1 på sidan 15. Det stod att ledningssystem för vätgas med drifttryck över 4 bar inte omfattades av föreskriften - detta är nu rättat till att sådana ledningssystem tills vidare omfattas (eftersom det är inte explicit undantaget).

Innehåll

1	Bakgrund, syfte och mål för uppdraget	7
2	Beskrivning av genomförandet	8
2.1	Metoddiskussion	8
3	Sammanställning av referensmaterial	10
3.1	Grundläggande fakta om vätgas	10
3.2	Översiktlig orientering i relevanta svenska föreskrifter och anvisningar	14
3.3	Lista med urval av internationellt referensmaterial	18
3.4	Referensmaterial för specifikt frågan om horisontellt avstånd	20
3.5	Statistik för elavbrott och (metan-)gasläckage	26
4	Resultat riskworkshop	30
4.1	Förutsättningar och avgränsningar	30
4.2	Kriterier för riskskattning	32
4.3	Resultaterande riskscenarier	33
5	Diskussion	37
6	Sammanfattning och vidare arbete	39
7	Referenslista	43
Bilaga A:	Risklista	48
Bilaga B:	Deltagare	53

Förkortningar och begrepp i rapporten

EGN – Energigasnormer

IEA – International Energy Agency

MSB – Myndigheten för samhällsskydd och beredskap

NGSA – Naturgassystemanvisningar

SIS – Svenska institutet för standarder

Svk – Affärsverket svenska kraftnät

TSO – Transmission System Operator; systemansvarig för överföringssystem för el eller gas

Samförläggning som begrepp avser i rapporten markförlagda vätgasledningar som går parallellt i direkt anslutning med eller i samma ledningsgata som transmissionsnätets luftledningar. Vid några tillfällen nämns närförläggning vilket avser att ett större horisontellt avstånd hålls.

Fossilgas och **naturgas** och **metangas** används i samma betydelse genom dokumentet. I de flesta fall används fossilgas, i enlighet med Språkrådets senaste rekommendationer, men i fall som exempelvis "Naturgassystemanvisningarna" används befintliga benämningen för att inte orsaka förvirring.

1 Bakgrund, syfte och mål för uppdraget

Affärsverket svenska kraftnät (Svk) initierade en intern förstudie och gav Energiforsk i uppdrag att inom ramen för denna ta fram en överblick över de tekniska riskerna om vätgasledningar med tillhörande installationer skulle placeras i närheten av luftledningar för elöverföring. Det finns även andra aspekter att beakta vid samförläggning av vätgasledningar med transmissionsnätet och att belysa dessa ingår alltså inte i detta uppdrag.

I oktober 2023 initierade Svk en förstudie och syftet med den var att utreda olika aspekter som kan påverka behovet av avstånd mellan anläggningsdelar i transmissionsnätet och närliggande vätgasanläggningar i form av parallellgående eller korsande ledningar och anläggningar för tryckstegring, produktion och lagring. Förstudien skulle beröra tekniska risker, juridiska frågor och totalförsvarsperspektivet. De två senare delarna sköttes internt och Energiforsk anlätades som stöd för att huvudsakligen besvara frågan:

- Vilka risker utsätter närliggande vätgasanläggningar transmissionsnätet för och hur kan de minimeras och/eller accepteras?

Efter projektets uppstart förtydligades scopet till att fokus skulle ligga på framtagning av en risklista med associerade minimeringsåtgärder för parallellgång i ledningsgata. Studien har inte haft som mål att räkna ut ett specifikt avstånd, däremot att sammanfatta de föreskrifter eller andra underlag som inkluderar avstånd till brandfarliga varor. Svk och Energiforsk skulle dock titta på hur vätgas klassas i förhållande till dessa tabeller och om möjligt komplettera uppdraget med hur övriga TSO hanterar samförläggningsfrågan. Sekundära syften till uppdraget inkluderade att från myndighetshåll bidra till framdrift i frågan, kompetenshöjning och konstruktiv dialog.

Sammanfattningsvis ställer denna rapport upp följande mål för arbetet:

- Sammanställa de relevanta referensmaterialen som framkommit under arbetet (exempelvis föreskrifter och standarder, och de tabeller som reglerar minimiavstånd) inklusive information från TSO:er
- Ta fram en risklista med associerade förslag på minimeringsåtgärder med fokus på gränssnittet "parallellgående markförlagda vätgasledningar i transmissionsnätets luftledningsgator"

Samtidigt med utredningar ur olika perspektiv för ett framtida vätgasnät pågår en diskussion kring vem som ska planera, bygga och drifva ett sådant – denna fråga ingår inte i föreliggande uppdrag.

Uppdraget har därtill enbart belyst frågan med tekniska risker vid samförläggning ur ett lokalt anläggningsperspektiv och inte ur ett (nationellt) systemperspektiv.

2 Beskrivning av genomförandet

Genomförandet fokuserade på att ta fram känd information om de tekniska riskerna och de befintliga föreskrifterna, samt planera och genomföra en kvalitativ grovriskanalys som identifierade och listade de möjliga tekniska riskerna och tillhörande potentiella åtgärder.

Efter initial orientering i frågan föll valet på att uppfylla uppdragsmålen genom att sammanställa underlag samt genomföra en kvalitativ grovriskanalys och, efter behov, komplettera med ytterligare kontakter och samtal. Efter en förfrågningsrunda anlätades Sweco som underkonsult för att bistå med planering och genomförande av riskworkshop.

Den initiala dokumentationsinhämtningen och kontakterna tydde på att förväntade risker skulle inkludera beröringsströmmar, växelströmskorrosion, jordningsfel, tunga fordon i området, markrörelser vilka skulle kunna leda till exempelvis vätgasläckage (och möjlig påföljande brand och/eller explosion). LKAB delade generöst med sig av sin nyligen genomförda HAZID (Hazard Identification) om samförläggning som ett underlag inför riskworkshoppen.

I samråd med Svk respektive Sweco engagerades en bredd av discipliner från Svk inför, under och/eller efter riskworkshoppen så som bland andra skogligt underhåll, jordning, elsäkerhet och betongfundament. Gruppen behövde kompletteras med ytterligare personer med gaskunskap, brand- och explosionsexpertis samt tidigare erfarenheter av liknande riskbedömningar. Till uppdraget externa parter engagerades därför i form av Energigas Sverige, Nordion Energi, LKAB, Lunds tekniska högskola, Vattenfall och Vattenfall Eldistribution.

Separata dialoger och kontakter togs med bland andra Elsäkerhetsverket, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB), Luleå tekniska universitet samt (via Svk) TSO:er i andra länder.

Energiforsk har skrivit hela denna rapport med undantag för kapitel 4 som Sweco har levererat tillsammans med Bilaga A. Båda har bidragit till Bilaga B - Deltagare. Marcus Runefors från Lunds tekniska högskola har bidragit med text i avsnitt 3.1.

2.1 METODDISKUSSION

Val av riskanalysmetod

En kvalitativ grovriskanalys tar på ett snabbt sätt fram de huvudsakliga riskerna och ger en överskådlig förståelse av riskbilden. Fördelen av att använda sig av en grovriskanalys är att den i ett tidigt skede med relativt begränsad tidsåtgång kan hantera många risker och skapa en förståelse för vilka risker som behöver prioriteras i senare skeden. Nackdelen av att använda sig av en grovriskanalys kan vara att resultatet påverkas av enskilda personers värderingar eller intressen. Andra metoder för riskanalys, exempelvis HAZOP (Hazard and Operability analysis) och kvantitativa riskanalysmetoder (QRA), fordrar mer tid och resurser samt mer detaljerade underlag för ett gott genomförande. För det givna uppdraget

ansågs en grovriskanalys uppfylla syftet väl och ansträngningar gjordes för att få en väl sammansatt grupp (kompletterat med expertkontakter).

Val av litteratur

Litteratururvalet är kvalitativt baserat på material som kommit Energiforsk tillhanda från de diverse experter och organisationer som vi kommit i kontakt med under tiden. Detta tillvägagångssätt är snabbt och torde innehålla den mest relevanta informationen som efterfrågats i uppdraget, men kan inte göra anspråk på att ge en heltäckande kartläggning. Om datainsamlingen hade kunnat göras på ett annat sätt eller under längre tid, exempelvis en metastudie av vetenskapliga artiklar eller mer underlag grävts fram från mer gasvana länder, hade kanske ytterligare detaljer och erfarenheter framkommit. Även öppet tillgängliga material för tillståndsansökningar (ex H2 Greensteel) bör vara intressanta för frågan, men har inte kunnat beaktas på grund av studiens begränsade omfattning. Referensmaterial i denna rapport ger förhoppningsvis en bra startpunkt för vidare och djupare studier.

3 Sammanställning av referensmaterial

Detta kapitel sammanfattar referensmaterial och externa underlag som kommit denna förstudie tillhanda under uppdragets gång, framförallt olika föreskrifter, normer och standarder. Inledningsvis sammanfattas en del grundläggande fakta om vätgas och längst ner i kapitlet finns även ett avsnitt om den horisontella avståndsfrågan. För riskworkshoppens resultat, gå vidare direkt till kapitel 4.

3.1 GRUNDLÄGGANDE FAKTA OM VÄTGAS

Den observerbara delen av universum består till omkring 75 viktprocent av väte¹. Namnet väte är ett grundämne som utgörs av en brännbar, färg- och luktlös mycket lätt gas och namnet kommer ur en försvenskning av franska *hydrogène* vilket betyder ungefärligen att det skapas ur vatten². Vätgas har högt energiinnehåll per viktighet och är lagringsbar samt har ett otal möjliga applikationer, vilket gör den mycket intressant för omställningen av energisystemet.

Vätgas klassas inte som en explosiv vara eftersom den inte är fast eller flytande form vid rumstemperatur, den är alltså en brandfarlig vara.³ Vätgas är dock en läckagebenägen gas som brinner med en mycket het ofta osynlig låga och kan detonera. Den fordrar en låg antändningsenergi och har ett stort brännbarhetsområde (möjliga brännbara vätgas/luft-blandningar). Lagring av komprimerad vätgas kräver höga tryck och ämnet kan lättare än andra läcka genom eller försproda material, inklusive stål.⁴

Påverkan från elledningar på rörledningar har förståtts och hanterats under en lång tid, däremot saknas ett exakt regelverk för detta gällande gasledningar med vätgas.

Övergripande brandtekniska skillnader mellan vätgas och naturgas (av Marcus Runefors)

Jämfört med naturgas som huvudsakligen är det som transporteras i gasledningar idag och som till största delen består av metan, så finns det vissa relevanta skillnader. Den första aspekten som skiljer är att vätgas kan förväntas läcka i större utsträckning än naturgas (metan) med hänsyn till den lilla storleken hos molekylen som är kopplad till flera relevanta makroskopiska egenskaper så som viskositet. Vätgas delar även upp sig i väteatomer och kan därmed transporteras igenom de

¹ Nationalencyklopedin (2024). *Väte*. <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/väte> (hämtad 2024-02-13)

² Svensk ordbok, väte (2021). <https://svenska.se/so/?id=195164&pz=7> (hämtad 2024-02-13)

³ MSBFS 2010:4, 3 kap 1 §. *Föreskrifter om vilka varor som ska anses utgöra brandfarliga eller explosiva varor*. Kan hämtas: <https://www.msb.se/sv/regler/gallande-regler/brandfarliga-och-explosiva-varor/msbfs-20104/> (senast 2024-02-14)

⁴ MSB (2023). *Vätgas* <https://www.msb.se/sv/amnesomraden/skydd-mot-olyckor-och-farliga-amnen/brandfarligt-och-explosivt/brandfarliga-gaser/vatgas/> (hämtad 2024-01-30)

flesta material. Vanligen är detta relativt oproblematiskt säkerhetsmässigt så länge det finns rimlig ventilation, men för vissa metalliska material kan väteatomerna fastna i kristallstrukturen och medföra en legering som gör materialet sprött vilket ökar risken för brott. Vätgasens höga förmåga att transporteras genom material kan också förväntas bidra till att vätgasutsläpp under mark kan transporteras längre avstånd horisontellt från utsläppspunkten. Den låga densiteten hos vätgasen kan vara en säkerhetshöjande faktor i vissa fall eftersom den gör att gasen har en tendens att stiga uppåt, men eftersom den normalt lagras vid höga tryck så kommer dock hastigheten vid utsläpp vara så hög att den fortsätter i läckagets riktning en lång sträcka. När den väl vänder uppåt har koncentrationen i utsläppet i många fall blandats till under den nedre brännbarhetsgränsen.

Vid utsläpp av vätgas minskar koncentrationen i jetutsläppet långsammare än för metan vilket gör att riskavståndet är väsentligt längre trots att den nedre brännbarhetsgränsen är liknande (4 % för vätgas jämfört med 5,3 % för metan). Eftersom den övre brännbarhetsgränsen för vätgas är väsentligt högre än för metan (78 % jämfört med 15 %) innebär det att området där vätgasen är brännbar, och därmed tändkällan måste finnas, är väsentligt större. Detta ökar sannolikheten för antändning i ett vätgasutsläpp. Det finns även fysikaliska mekanismer kopplade till självantändning för vätgas där ingen tändkälla krävs. Vätgasen har väsentligt lägre minsta antändningsenergi (0,017 mJ jämfört med 0,28 mJ för metan) medan den termiska antändningstemperaturen är jämförbar (510 °C för vätgas och 537 °C för metan).

Så länge tryckskillnaden överstiger ett kritiskt värde (som är ca 2 bar(g) för både metan och vätgas) så kommer hastigheten i utsläppspunkten att uppgå till den lokala ljudhastigheten vilken är 450 m/s för metan och 1320 m/s för vätgas (beroende på temperatur). För att antändningen ska kunna leda till en flamma så måste förbränningshastigheten vara tillräcklig så att den inte "blåses iväg" (eng. "blow-off"). Det beror på hålstorleken på läckaget när detta inträffar. Det kritiska värdet (under vilken en flamma inte kan upprätthållas) vid denna typ av utsläpp är för vätgas under 1 mm medan motsvarande värde för metan är flera tiotal millimeter. Därmed är sannolikheten för en jetflamma i ett utsläpp väsentligt högre för vätgas än för metan. Strålningen från en vätgasjetflamma är dock väsentligt lägre än för motsvarande metanflamma eftersom det saknas kol i molekylstrukturen för vätgas.

Om antändning inte sker omedelbart vid utsläppspunkten – vilket bedöms vara ovanligt – blandas gasen med omgivande luft vilket medför en risk för gasexplosion. Beroende på hur stor vätgas/luft-blandning som har bildats kommer olika nivåer på övertrycket att genereras. Även här spelar vätgasens breda brännbarhetsområde in, vilket leder till en högre risk för fördröjd antändning vid vätgasutsläpp än vid metanutsläpp. Om antändning sker har vätgasen en (laminär) förbränningshastighet på upp till 3 m/s medan motsvarande för metan understiger 0,5 m/s. Det bör dock understrykas att förbränningshastigheter mäts relativt den oförbrända gasen. För en fast observatör så kommer flammen att färdas med en hastighet på ca 27 m/s för vätgas och 4 m/s för metan. Detta är också hastigheten för en helt plan flamma men turbulens och hinder gör att flammen deformeras vilket ökar flamarean och därmed den effektiva förbränningshastigheten. Detta gör

att det är en större risk att vätgasflamman uppnår ljudets hastighet varvid en detonation uppstår som medför mångdubbelt högre tryck än en deflagration (som är förbränning under ljudhastigheten).

Sammantaget finns det egenskaper som både höjer och sänker risken i samband med samförläggning med kraftledningar. Å ena sidan kan värmestrålningen från jetflammar, som avgör avstånden för naturgasledningar idag, förväntas ge kortare avstånd för vätgas med tanke på den lägre strålningsandelen. Å andra sidan kan en fördröjd antändning ge en tryckvåg vilket inte på samma sätt är fallet för metanutsläpp. Om detta sammantaget gör att nödvändigt avstånd längre eller kortare är inte känt idag. En annan aspekt som är relevant ur ett samförläggningssperspektiv är den förväntat högre läckagefrekvensen och transportsträckan under mark för vätgas.

Ovanstående skillnader innebär att det inte direkt går att applicera regelverken för naturgasledningar på vätgasledningar. Som exempel kan nämnas att kraven på säkerhetsavstånd sannolikt skiljer samt att det sannolikt saknas krav gällande till exempel materialval.



Kortfattat om vätgas i Sverige

Produktion och användning av vätgas i Sverige uppgår till cirka 180 000 ton vätgas per år (motsvarande ca 6 TWh/år) och användas främst inom kemi- och raffinaderiindustrin⁵. Den är idag huvudsakligen framställd genom reformering av fossilgas (nästan 67 procent), därefter av industriella restströmmar och knappt 3 procent produceras via elektrolys⁶. Nästan all vätgas som idag produceras i Sverige används nära den plats där den produceras⁶.

⁵ Statens energimyndighet (2022). Förslag till Sveriges nationella strategi för vätgas, elektrobränslen och ammoniak, ER 2021:34. <https://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2021/forslag-till-nationell-strategi-for-fossilfri-vatgas/> (hämtad: 2024-02-26), sida 8

⁶ Energigas Sverige (2021), Statistik om vätgas. <https://www.energigas.se/fakta-om-gas/vatgas/statistik-om-vatgas/> (hämtad: 2024-01-30)

Kortfattat om vätgasledningar i omvärlden

Många länder har överlag mer erfarenhet av gasledningar både ovan och under jord än Sverige – framförallt för fossilgas. Naturgasnätet är mycket mer omfattande och därmed finns inte samma erfarenhetsunderlag för vätgas.

Vad gäller vätgas, tillkännages ett stort och ökande antal vätgasprojekt runtom i världen. Den potentiella produktionen år 2030 från kända projekt ökade med 50 % mellan IEA:s globala vätgasrapport 2022 och 2023.⁷ Generellt produceras och konsumeras vätgas i samma land med undantag för vätgasledningar som går mellan industriella kluster i Belgien, Frankrike och Nederländerna. Den globala vätgasanvändningen nådde 95 Mton år 2022⁷ och cirka 55 % av det väte som producerats runt om i världen användes för ammoniaksyntes (framförallt till gödningsmedel), 25 % i raffinaderier och cirka 10 % för metanolproduktion⁸.

Runtomkring i världen finns vätgasledningar i olika projektfaser (för att inte nämna vätgasproduktions- och e-bränsleprojekt). Europa leder vägen med höga ambitioner med det särskilt noterbara *backbone*-initiativet med mål om 11 600 km ledningar till 2030.⁹ Europa har idag omkring 1 600 km vätgasledningar, med 570 km som drivs av industriella gasföretaget Air Liquide bara i Belgien, och den holländska statliga gas-TSO:n Gasunie är först med att utveckla ett nationellt vätgasnät.¹⁰

USA har en väl utbyggd vätgasinfrastruktur om cirka 2 600 km som är koncentrerat till Gulfkustområdet¹¹, vilket motsvarar ungefär 0,5 % av deras totala transmissionsnät för gas, och Kanada har över 100 km¹².

Mellanöstern har skruvat upp ambitionerna för vätgasexport och Oman har det enskilt mest ambitiösa vätgasledningsprojektet med mål om 1 000 km från norr till söder.¹³

Alla just nu planerade vätgasledningar i Asien är koncentrerade till Kina¹³ men det finns även ett initiativ vid namn IMEC (India-Middle East-Europe Economic Corridor) som är tänkt att inkludera en vätgasledning för export till EU¹⁴.

⁷ IEA (2023), *Global Hydrogen Review 2023*, <https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2023> p.11 (hämtad 2024-02-26)

⁸ Hydrogen Europe (2023). *HYDROGEN EUROPE – TECH [Overview]*, https://hydrogeneurope.eu/wp-content/uploads/2021/11/Tech-Overview_Hydrogen-Applications.pdf (hämtad: 2024-03-22)

⁹ European Hydrogen Backbone (2024). *Our work*. <https://ehb.eu/page/our-work> (hämtad: 2024-02-26)

¹⁰ Martin, Polly (2023). Europe's first national hydrogen pipeline network to start construction this month. *Hydrogen Insight*, 23 oktober 2023. <https://www.hydrogeninsight.com/industrial/europe-s-first-national-hydrogen-pipeline-network-to-start-construction-this-month/2-1-1529347> (hämtad: 2024-02-26)

¹¹ U.S. Department of Energy. Office of Energy Efficiency & Renewable Energy. Hydrogen Pipelines. <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/hydrogen-pipelines> (hämtad: 2024-02-14)

¹² Alberta (2024). *Hydrogen 101*. <https://www.alberta.ca/hydrogen-101> (hämtad: 2024-02-26)

¹³ Shine, Ian (2023) Hydrogen pipelines are making progress around the world. These countries are leading the way. *World Economic Forum – Centre for Energy and Materials*, 13 december 2023. <https://www.weforum.org/agenda/2023/12/hydrogen-pipelines-countries-fastest/> (hämtad: 2024-02-26)

¹⁴ Vita huset (2023). *Memorandum of Understanding on the Principles of an India – Middle East – Europe Economic Corridor*. <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2023/09/09/memorandum-of-understanding-on-the-principles-of-an-india-middle-east-europe-economic-corridor/> (hämtad: 2024-02-26)

Många länder har ambitiösa planer och nationella strategier för fossilfri vätgas, och man vill ofta även undersöka att blanda i en (ökande) mängd vätgas i de befintliga fossilgasnäten. I Sydamerika har 11 länder vätgasstrategier¹³ och för den sistnämnda frågan kan särskilt Chile nämnas¹⁵.



3.2 ÖVERSIKTLIG ORIENTERING I RELEVANTA SVENSKA FÖRESKRIFTER OCH ANVISNINGAR

Detta avsnitt ger en översiktlig orientering i, för förstudiens scope, relevanta föreskrifter och normer samt ger exempel på det som kan vara mest intressant att ta med sig i samförläggningsfrågan.

Föreskrifter och allmänna råd om ledningssystem för naturgas, MSBFS 2009:7¹⁶

Vad är det?

Föreskrifterna från MSB omfattar utformning, anläggande, drift och kontroll av ledningssystem för naturgas och renad torr biogas, såväl ovan jord som markförlagda, i gasform och överstigande 4 bar tryck. Det finns flera krav på de olika delarna: ledning, mät- och reglerstation, linjeventiler, kompressorstation,

¹⁵Ministry of Energy, Government of Chile (2020). *National green hydrogen strategy*. https://energia.gob.cl/sites/default/files/national_green_hydrogen_strategy_-_chile.pdf (hämtad: 2024-02-26)

¹⁶ MSBFS 2009:7, *Föreskrifter och allmänna råd om ledningssystem för naturgas*. <https://www.msb.se/sv/regler/gallande-regler/brandfarliga-och-explosiva-varor/msbfs-20097/> (hämtad: 2024-02-26)

med mera. Det finns även tillhörande "Allmänna råd" som inte är tvingande utan förtydligande samt ger generella rekommendationer.

Tillämpbart för vätgas?

Nej, de omfattar inte vätgas.

Särskilt intressant att ta med sig?

Det föreskrivs exempelvis tydligt att rörledningen ska ha ett betryggande skydd mot korrosion¹⁷ och att vid korsning eller parallellförläggning i mark mellan gasledning och kraftledning ska åtgärder vara vidtagna mot fara för person eller gasledning genom elektrisk påverkan¹⁸.

Föreskrifter om hantering av brandfarlig gas och brandfarliga aerosoler, MSBFS 2020:1¹⁹.

Vad är det?

Denna författning innehåller bestämmelser om hantering av brandfarlig gas och aerosolbehållare med brandfarligt innehåll.

Tillämpbart för vätgas?

Ja. Eftersom ledningssystem med drifttryck överstigande 4 bar övertryck för vätgas i gasfas inte är explicit undantaget - till skillnad från naturgas - så omfattas det tills vidare.

Särskilt intressant att ta med sig?

Det finns avståndstabeller för gasolcisterner samt lösa behållare (utan uttrycklig begränsning i typ av brandfarlig gas), däremot togs de fram ursprungligen med gasol i åtanke²⁰ och anger avstånd för behållare enbart upp till 8 000 liter i volym.

Naturgassystemanvisningar, NGSA 2023²¹

Vad är det?

NGSA är publicerat hos Svenska institutet för standarder (SIS) och är framtaget och nyligen uppdaterat i samarbete med gasbranschen och dess branschorganisation Energigas Sverige. NGSA baseras på svenska föreskrifter och normer och vänder sig till gasledningsägare, myndigheter, kontrollorgan, tillverkare samt entreprenörer.

Anvisningarna omfattar alla skeden, från projektering till underhåll, av naturgasanläggningar (dvs metan) som har högre drifttryck än 4 bar. De beskriver

¹⁷ MSBFS 2009:7, 5 kap 2 §

¹⁸ MSBFS 2009:7, 5 kap 6 §

¹⁹ MSBFS 2020:1, *Föreskrifter om hantering av brandfarlig gas och brandfarliga aerosoler*. Kan hämtas: <https://www.msb.se/sv/regler/gallande-regler/brandfarliga-och-explosiva-varor/msbfs-202012/> (senast hämtad 2024-02-23)

²⁰ Runefors, M. (2023). *Förslag till skyddsavstånd för vätgasinstallationer*. MSB. https://www.msb.se/contentassets/0cb4505a592d4b51bca158a8fb3fd0d0/runefors_avstandsrapport.pdf (senast hämtad 2024-02-23)

²¹ SIS (2023), *NGSA 2023 Naturgassystemanvisningar*. Handbok. Kan beställas: <https://www.sis.se/bcker/ngsa-2023.-naturgassystemanvisningar/> (hämtad: 2024-02-26)

tekniska lösningar som ger den skyddsnivå som MSB föreskriver för sådana anläggningar.²¹

Tillämpbart för vätgas?

Nej. NGSA har uppdaterats med inblandning av 5 volymprocent vätgas i gassystem men avser alltså inte 100 % vätgassystem. Energigas Sverige har startat ett arbete med att ta fram motsvarande anvisningar för vätgas, preliminärt kallat VGSA. Man får dock beakta i det arbetet att, som ovan nämnt, MSB:s föreskrifter ännu inte omfattar vätgas.²²

Särskilt intressant att ta med sig?

NGSA anvisar att ansvarig verksamhetsutövare ska utreda och visa att påverkan från närliggande högspänningsanläggningar inte förväntas medföra farliga spänningar mellan gasledning av stål och mark, i sådan grad att det finns risk för personskada eller korrosion på gasledningen.²³ Anvisningarna beskriver även att högspänningssättning av en gasledning framförallt kan medföra personfara vid beröring, skador på ansluten elektrisk utrustning, växelströmskorrosion och störningar av ledningens katodiska skydd mot korrosion.²⁴

De instruerar även att gasledningar som ska läggas parallellt eller korsa kraftledningar ska utformas så att ingen del blir spänningssatt av en kraftledning under normal drift till den grad att personfara eller korrosion orsakas eller att elsäkerhetsverkets föreskrifter²⁵ (och svensk standard²⁶) för beröringsspanningar överstigs. Gasledningen eller anslutna system ska inte skadas på grund av induktion eller markpotentialskillnader orsakade av felströmmar samt skyddsåtgärder, exempelvis jordning, ska inte påverka det katodiska korrosionsskyddet menligt.²⁷

NGSA anvisar även – bland mycket annat naturligtvis – åtgärder för åskskydd²⁸, jordning²⁹ och förebyggande av korrosion³⁰.

Energigasnormer, EGN 2023

Vad är det?

Branschorganisation Energigas Sverige ger var tredje år ut en uppdaterad utgåva av Energigasnormerna (EGN) vilka omfattar distributionssystem för fossilgas, gasol (i gasform) och biogas med högst 4 bars tryck³¹. Med distributionssystem

²² Mattias Hanson, Energigas Sverige, mejlväxling februari 2023.

²³ SIS, NGSA 2023, §5.3

²⁴ SIS, NGSA 2023, §5.11.1.1

²⁵ Elsäkerhetsverket, ELSÄK-FS 2022:1 Elsäkerhetsverkets föreskrifter och allmänna råd om hur starkströmsanläggningar ska vara utförda, 5 kap 7 §

²⁶ SIS (2012), SS-EN50522 Starkströmsanläggningar med nominell spänning överstigande 1 kV AC - Jordning, figur 4.

²⁷ SIS, NGSA 2023 §5.11.1.2

²⁸ SIS, NGSA 2023, §5.12

²⁹ SIS, NGSA 2023, §6.3.3.6.1–4

³⁰ SIS, NGSA 2023, §6.2.2.1; §6.3.3.5–6

³¹ Energigas Sverige, Energigasnormer EGN 2023, <https://www.energigas.se/publikationer/normer-och-anvisningar/energigasnormer-egn-2023/> (senast hämtad 2024-02-14)

avses markförlagda rörledningar, servisledningar samt gasinstallationer och gasapparater.

Tillämpbart för vätgas?

Nej. Vätgaspipelines är generellt över 4 bar i tryck och normen omfattar inte heller distributionssystem för vätgas.

Anvisningar för tankstationer för vätgasdrivna fordon, H2-TSA 2023³²

Vad är det?

Energigas Sverige har tagit fram en första utgåva av anvisningar för tankstationer för fordon som har vätgas som bränsle. De togs fram utifrån ett behov av att ha samlade instruktioner och är utformade för att ge en säker anläggning enligt svenska myndighetskrav och har anpassats efter internationell standard med vissa förklarade avsteg.

Tillämpbart för vätgas?

Ja, men de avser specifikt tankstationer för fordon. H2-TSA omfattar fyllning av fordon till 350 eller 700 bar, mobila gaslager upp till 500 bar samt stationära gaslager upp till 1 000 bar.³²

Särskilt intressant att ta med sig?

Underlag om avståndsberäkningar, se vidare avsnitt 3.4.

Växelströmspåverkan på naturgasledningar, Energiforsks handbok³³

Vad är det?

Den här handboken beskriver hur man på olika sätt kan minska farligt höga växelspanningsnivåer i rörledningen till ofarliga nivåer. Den vänder sig till projektörer, till ägare och förvaltare av gasledningar och till intresserade entreprenörer och konsultbolag. Handboken kompletterar föreskrifter och anvisningar med mer detaljerad vägledning på området växelströmskorrosion och personfarliga växelspanningar.

Tillämpbart för vätgas?

Delvis, handboken omfattar naturgasledningar och markförlagda vattenledningar, men korrosionsproblematiken är överförbar eftersom vätgasledningar också lär vara metallrör (men kanske fordra särskilda hänsyn).

³² Energigas Sverige, Anvisningar – tankstationer för vätgasdrivna fordon, H2-TSA 2023. <https://www.energigas.se/publikationer/normer-och-anvisningar/anvisningar-tankstationer-for-vatgasdrivna-fordon-h2-tsa-2023/> (hämtad 2024-02-14)

³³ Lundberg, R. och Camitz, G. (2015). *Växelströmspåverkan på naturgasledningar*. Energiforskrapport 2015:115. <https://energiforsk.se/program/energigasteknik/rapporter/vaxelstromspaverkan-pa-naturgasledningar/> (senast hämtad: 2024-02-23)

Särskilt intressant att ta med sig?

Referensmaterial med detaljerade praktiska åtgärder för hur man kan minska och förhindra problem i markförlagda gasledningar som orsakas av växelspanning. Exempelvis elektrisk jordning, sektionering genom inmontering av elektriskt isolerande rörstycken och omkastning av fasledarna. Vikten av projektering understryks.

3.3 LISTA MED URVAL AV INTERNATIONELLT REFERENSMATERIAL

Detta avsnitt innehåller ett antal referenser till internationella rapporter eller standarder samt material om växelströmskorrosion, för vidare läsning.

Standarder

- **USA: CFR 49 Part 192:** som beskriver federala minimikrav på säkerhet för transport av fossilgas och annan gas via pipeline.³⁴
- **USA: ASME B31. 12, ASME Code for Pressure Piping, B31,** används för vätgasrörssystem som transporterar väte vid höga tryck och temperaturer och är framtagen av *the American Society of Mechanical Engineers (ASME)*.³⁵
- **Kanada: CSA C22.3 NO. 6:13 (R2022):** principer och praktik för elektrisk koordinering mellan rörledningar och kraftmatningsledningar.³⁶
- **Storbritannien: IGEN/TD/1, brittiska standarden** om stålrör för gastransmission med högt tryck av *Institution of Gas Engineers & Managers (IGEM)*.³⁷
- **Svenska/europeiska elstandarder** SS-EN 50341-2-18 och SS-EN 50433, har bland annat bäring på avstånd och nämns längre ner i avsnitt 3.4.

Några relevanta rapporter

- **USA: Congressional Research Service report**³⁸ om vätgasledningar och tillhörande regelverk, forskning och policy.

³⁴ Department of Transportation (2024). *Code of Federal Regulations 49 Part 192 Transportation of Natural and Other Gas by Pipeline: Minimum Federal Safety Standards*. <https://www.ecfr.gov/current/title-49/subtitle-B/chapter-I/subchapter-D/part-192?toc=1> (hämtad 2024-02-26)

³⁵ ASME (2024), *Hydrogen Piping and Pipelines – ASME Code for Pressure Piping B31.12 – 2023*. <https://www.asme.org/codes-standards/find-codes-standards/b31-12-hydrogen-piping-pipelines/2023> (hämtad: 2024-03-25)

³⁶ CSA Group (2022). *CSA C22.3 NO. 6:13 (R2022) Principles and practices of electrical coordination between pipelines and electric supply lines*. Kan beställas: <https://www.csagroup.org/store/product/2422411/> (senast hämtad 2024-02-26)

³⁷ IGEN (2021). *IGEM/TD/1 Edition 6 - Steel pipelines for high pressure gas transmission*. Kan beställas: <https://www.igem.org.uk/resource/igem-td-1-edition-6-steel-pipelines-for-high-pressure-gas-transmission.html> (senast hämtad 2024-02-26)

³⁸ Parfomak, Paul W. (2021). *Pipeline Transportation of Hydrogen: Regulation, Research, and Policy*. Congressional Research Service Report no. R46700. Kan hämtas: <https://crsreports.congress.gov/search/#/?termsToSearch=46700> (senast hämtad 2024-02-26)

- **Storbritannien: DNV GL-rapport³⁹**, en konsultrapport som presenterar teknisk bakgrund, best practise guidelines och kriteria för samförläggning av gasledningar (ej vätgas) med högspänningsledningar.

Specifikt om växelströmskorrosion

- **Storbritannien: vägledning för växelströmskorrosion⁴⁰** av United Kingdom Onshore Pipeline Operators' Association.
- **CIGRE TB290, teknisk broschyr⁴¹** från globala samarbetsorganet CIGRE om växelströmskorrosion på rörledningar av metall på grund av interferens.
- **USA: NACE SP0177-2014⁴²**, om mitigering av växelströms- och blixtnedslagseffekter på metallstrukturer och korrosionsskydd, en standard framtagen av dåvarande NACE International, numera AMPP (Association for Materials Protection and Performance) med en nyare version SP0177-2019⁴³.
- **USA: PowerPoint från en kort kurs från 2023⁴⁴** som utgör studiematerial framtaget av en senior korrosionsexpert med en översiktlig inblick i problematiken, hur man tacklar den och inkluderar flera fallstudier.
- **USA: fallstudie med lärdomar⁴⁵** från ett pipelineprojekt med komplex dragning och åtgärder för att minska växelströmseffekter.
- **Vetenskaplig artikel om faktorerna som har verkan på inducerade spänningar⁴⁶** på markförlagda rörledningar som uppstått på grund av närliggande transmissionsnät.

³⁹ DNV GL (2015), *Criteria for Pipelines Co-Existing with Electric Power Lines*. The INGAA Foundation Final Report No. 2015-04. Tillgänglig på: <https://ingaa.org/wp-content/uploads/2015/10/24732.pdf> (senast hämtad 2024-02-23)

⁴⁰ UKOPA (2019). *UKOPA Good Practice Guide – AC Corrosion Guidelines*. UKOPA/GPG/027. <https://www.ukopa.co.uk/wp-content/uploads/2019/11/UKOPA-GPG-027-AC-Corrosion-Oct-19-FOR-UPLOAD-1.1.pdf> (senast hämtad 2024-02-26)

⁴¹ CIGRE (2006). *AC corrosion on metallic pipelines due to interference from AC power lines – Phenomenon, modelling and countermeasures*. Technical Brochure no. 290. Kan beställas: <https://www.e-cigre.org/publications/detail/290-ac-corrosion-on-metallic-pipelines-due-to-interference-from-ac-power-lines-phenomenon-modelling-and-countermeasures.html> (senast hämtad 2024-02-26)

⁴² NACE International (2014). *NACE SP0177-2014 Mitigation of Alternating Current and Lightning Effects on Metallic Structures and Corrosion Control Systems*. ISBN 1-57590-116-1

⁴³ AMPP (2019). *SP0177-2019 Mitigation of Alternating Current and Lightning Effects on Metallic Structures and Corrosion Control Systems*. Kan beställas: <https://store.ampp.org/sp0177-2014-sg-formerly-rp0177-mitigation-of-alternating-current-and-lightning-effects-on-metallic-structures-and-corrosion-control-systems> (senast hämtad 2024-02-26) ISBN: 1-57590-116-1

⁴⁴ Evans, Bryan (2023), Pond & Company. *Induced AC Interference & Mitigation*. Appalachian Underground Corrosion Short Course. https://aucsc.com/downloads/PIM_AC%20Mitigation%20Pipeline%20Integrity_2023_P7.pdf (senast hämtad 2024-02-26)

⁴⁵ Kirkpatrick, Earl L och Haque, Sydul (2016). *A case study of pipeline induced AC mitigation on a complex right-of-way*. <https://www.elkeng.com/wp-content/uploads/2017/04/A-Case-Study-of-Pipeline-Induced-AC-Mitigation-on-a-Complex-Right-of-Way.pdf> (senast hämtad 2024-02-26)

⁴⁶ Wang, C. Liang, Q. och Freschi, F. (2020). *Investigation of factors affecting induced voltages on underground pipelines due to inductive coupling with nearby transmission lines*. IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 56, no. 2, pp. 1266-1274, mars/april 2020. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8959137> (senast hämtad 2024-02-26)



3.4 REFERENSMATERIAL FÖR SPECIFIKT FRÅGAN OM HORIZONTELLT AVSTÅND

Det är alltid ytterst den som vill uppföra en anläggning (normalt med stöd av konsulter) och tillståndsmyndigheten som väljer vilka avstånd som man väljer att använda, inklusive vid eventuella hänvisningar i föreskrifter från myndigheter.⁵² Här sammanställs avståndsrelaterade referenser i föreskrifter, standarder och normer nedan, samt information som kommit förstudien tillhanda genom korrespondens med andra länder och till sist en lista med ytterligare referensmaterial för vidare läsning.

Elsäkerhetsföreskrifter, ELSÄK-FS 2022:1⁴⁷

Vad är det?

Dessa föreskrifter och allmänna råd från Elsäkerhetsverket omfattar hur en starkströmsanläggning ska vara utförd, och hänvisar till Elsäkerhetslagen. De avstånd som definieras här är styrande. Den aktuella tabellen är inte framtagen med vätgas i särskild åtanke och planeras för närvarande inte att uppdateras. Då kunskapsnivån kring vätgas är höjd och förankrat samt om Elsäkerhetsverket får till sig underlag (ej definierat exakt vilka) som tyder på att andra avstånd är lämpliga skulle de kunna ta ställning till om tabellen bör uppdateras.⁴⁸ Elsäkerhetsverket får även medge undantag från föreskrifterna.

⁴⁷ ELSÄK-FS 2022:1. Elsäkerhetsverkets föreskrifter och allmänna råd om hur starkströmsanläggningar ska vara utförda. Kan hämtas: <https://www.elsakerhetsverket.se/om-oss/press/pressmeddelanden/2022/nya-foreskrifter-for-starkstromsanlaggningar/> (senast 2024-02-22)

⁴⁸ Digitala möten med Elsäkerhetsverkets Anders Richert och Morgan Wojcik, nov 2023 – februari 2024.

Vad sägs om avstånd?

Tabell 4 definierar minsta horisontella avstånd i meter från spänningssatta ledare till "ett riskområde med brandfarlig vara med hänsyn till risken för kapacitiv koppling" respektive avstånd till "ett förråd med explosiv vara". De avstånden kan ge vägledning vid bedömning av vad som kan anses vara betryggande avstånd. Exempelvis visar tabell 4 att minsta avstånd vid 420 kV konstruktionsspänning ska vara 60 m för brandfarlig vara (vilket vätgas kategoriseras som).

Svensk och europeisk standard, SS-EN 50341-2-18⁴⁹

Vad är det?

En svensk elstandard av standardiseringsorganisationen SEK Svensk Elstandard om elektriska friledningar över 1 kV växelström. Den ingår i europeiska standarder EN 50341 som består av två delar:

- EN 50341-1:2012, som innehåller avsnitt gemensamma för alla medlemsländer i CENELEC (en europeisk kommitté som tar fram och fastställer europeisk standard på det elektrotekniska området).
- EN 50341-2, som innehåller nationella normativa bilagor, vilka ger de krav som gäller som i respektive land utöver eller istället för motsvarande avsnitt i del 1.

Vad sägs om avstånd?

Det finns en tabell 5.9.2/SE.3 som definierar horisontellt minimiavstånd mellan elledningar av olika spänningsnivå och områden med brännbart gods respektive lager med explosiv vara. För 420 kV ges samma guidande avstånd som i ELSÄK-FS 2022:1 ovan. De noterar att för andra förutsättningar än presenterat i tabellen, kan tillräckligt säkerhetsavstånd uppnås genom riskanalys för det specifika fallet.

Svensk och europeisk standard, SS-EN 50443⁵⁰

Vad är det?

Den europeiska elstandarden om effekter av elektromagnetisk påverkan på rörledningar orsakade av banmatningssystem med högspänd växelspanning och/eller kraftförsörjningssystem med högspänd växelspanning. Den svenska standarden är samma som den europeiska.

Vad sägs om avstånd?

Det finns rekommendationer för separation för jordade system över vissa spänningsnivåer, exempelvis 20 m separation för jordade stolpar med nominell

⁴⁹ SEK, Svensk Elstandard (2017). *Elektriska friledningar över 1 kV (AC)- del 2-18: Svensk normativ bilaga.*

Kan beställas: <https://www.sis.se/produkter/elektroteknik-24c2329a/elnat/distributionsledningar/ssen50341218/> (hämtad 2024-02-26)

⁵⁰ SEK Svensk Elstandard (2012). *SS-EN 50443 Effekter av elektromagnetisk påverkan på rörledningar orsakade av banmatningssystem med högspänd växelspanning och/eller kraftförsörjningssystem med högspänd växelspanning.* Kan beställas: <https://www.sis.se/produkter/fluidsysteem-och-delar/rorledningskomponenter-och-rorledningar/ovriga-rorledningskomponenter/ssen50443/> (hämtad: 2024-02-26)

spänning över 50 kV (tabell 2 med fotnoter). Det finns även en informativ bilaga D om mitigerande åtgärder då nödvändig separation inte kan uppnås.

Naturgasanvisningarna, NGSA 2023

Vad är det?

Anvisningarna för naturgassystem definierades i kapitel 3.2 och är som nämnt utformade för att uppfylla MSB:s skyddsföreskrifter.

Vad sägs om avstånd?

I paragrafen om gasledning av stål nära högspänningsanläggning⁵¹ konstateras att gasledning kan spänningssättas till farlig nivå genom att växelspänning överförs till ledningen från närbelägen högspänningsanläggning, i första hand från kraftledning. Det finns en tabell 5.6 som visar minimiavstånd mellan gasledning i mark och högspänningsstolpe eller tillhörande stag och oisolerade marklinor. Exempelvis anvisas 50 m minimalt avstånd för spänningsnivåer över 130 kV.

Förslag till skyddsavstånd för vätgasinstallationer⁵²

Vad är det?

Denna rapport redovisar beräkningar avseende skyddsavstånd från vätgasinstallationer. Resultaten utgör förslag till kommande revidering av MSBFS 2020:1 Föreskrifter om hantering av brandfarlig gas och brandfarliga aerosoler¹⁹ (som inte berör ledningssystem för naturgas över 4 bar) och kan även användas som underlag för enskilda projekt. I rapporten presenteras dels färdiga tabeller med avstånd, dels de dimensionerande skadefallen som ligger bakom och som därmed kan användas för egna beräkningar.

Vad sägs om avstånd?

Just avstånd mellan vätgasinstallationer och spänningsförande ledningar hänvisas till ELSÄK-FS 2022:1. Rapporten innehåller dock mycket matnyttigt om underlagen som ligger till grund för avståndsberäkningar och varför det är svårt i praktiken att göra en riskutredning. Rapporten diskuterar att kvantitativ riskanalys kan vara ett alternativt underlag för skyddsavstånd (istället för dimensionerande skadefall) vilket används i många länder (ex Norge och Nederländerna) och som kan vara motiverat att utföra särskilt för större och unika anläggningar.

Rapporten kommenterar även allmänt att det är viktigt med väl underbyggda skyddsavstånd som säkrar att installationerna kan utföras på ett säkert sätt och samtidigt inte hindrar framstegen genom att använda överkonservativa antaganden i beräkningarna.

⁵¹ NGSA (2023), §5.11.1

⁵² Runefors, M. (2023). *Förslag till skyddsavstånd för vätgasinstallationer*. MSB.

https://www.msb.se/contentassets/0cb4505a592d4b51bca158a8fb3fd0d0/runefors_avstandsrapport.pdf (senast hämtad 2024-02-23)

Telestörningsnämndens meddelande nr 21⁵³

Vad är det?

Detta underlag är ett meddelande från Telestörningsnämnden (TSN) och beskriver avstånd mellan högspänningsanläggningar och andra strömförande anläggningar. TSN är ett samordnande och rådgivande organ när det gäller tillämpningar som berör förhållanden mellan innehavare av högspänningsanläggningar å ena sidan och innehavare av svagströmsanläggningar och lågspänningsanläggningar å andra sidan samt består av representanter från Svenska kraftnät, Energiföretagen Sverige, Telia Sverige AB och Trafikverket⁵⁴.

Vad sägs om avstånd?

Tabell 1 rekommenderar avstånd till jordad detalj tillhörande friledning (luftledning) för högspänningsanläggning. För direktjordade luftledningar rekommenderas 20 m (i tätort) eller 50 m (utanför tätort) i avstånd till metallrör av för vatten- och gasledningar. Avstånden för direktjordade friledningar är baserade på risken för person- och sakskada på grund av spänningssättning vid jordfel på friledningen. En fotnot förtydligar att kort avstånd kan ge påverkan av katodiskt skydd för ledningen via spänningssättning vilket kan kräva större avstånd och omfattas inte av meddelandet.



⁵³ Telestörningsnämnden, 2019. *Avstånd mellan högspänningsanläggningar och andra strömförande anläggningar*. Meddelande nr 21 utgåva 6 med bilagor. Kan hämtas på Svks hemsida: <https://www.svk.se/siteassets/aktorsportalen/entreprenorer-i-elnatet/telestorningsnamnden/meddelanden/meddelande-nr-21-utgava-6-med-bilagor.pdf> (hämtad: 2024-04-26)

⁵⁴Svk, 2023. *Telestörningsnämnden*. Tillgängligt: <https://www.svk.se/aktorsportalen/entreprenorer-i-elnatet/telestorningsnamnden/> (hämtad: 2024-04-26)

Information från andra TSO:er

Svenska kraftnät har sökt dialog och information från flera andra TSO:er för att se om de har vägledning och material i avståndsfrågan. Tre sammanfattas kort här.

- US Department of Transportation, Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration.** PHMSA har tillsyn över säkerheten och inspekterar omkring 2 400 km vätgasledningar. De har enbart stipulerade krav på avstånd mellan olika markförlagda gasledningar. Det finns flera kapitel om att utvärdera och mitigera växelströmskorrosion i deras säkerhetsstandard⁵⁵. Driftansvariga för gasledningar använder och följer ofta standarden NACE SP0177⁴² för att mitigera växelströmseffekter, enligt vad PHMSA har sett i sina inspektionsprogram⁵⁶. Det finns vissa insikter i NACE SP0177 om avstånd baserat på blixtar (§4.14).
- Fingrid, TSO i Finland.** Fingrid förlitar sig generellt på europastandarden EN 50341 som nämndes ovan och den finska normativa delen SFS-EN 50341-2-7. Se tabell 5.11 i den generella europastandarden (avsnitt 5.9.3) om avstånd; Sverige har som tidigare nämnt en egen normativ version av denna tabell. I den europeiska tabellen definieras avstånd till bland annat brandkänsliga installationer och också att avståndet ska vara tillräckligt så att inducerad spänning inte leder till antändning. Finska standarden definierar därutöver att luftledningar inte ska passera eller befinna sig i en explosiv miljö samt även att avstånd ska hållas, eller speciella åtgärder tas, så att en kraftledning inte hamnar i en sådan miljö om stolpen faller.⁵⁷ Eftersom en explosiv miljö kan uppstå vid vätgasläckage har Fingrid gett instruktionen att hålla en stolphöjd i horisontellt avstånd från vätgasledningar.⁵⁸
- TenneT, TSO i Nederländerna.** För interferensutmaningar från elledningar (induktion osv) förlitar sig också Tennet på avstånd från EN-standarder. Gällande brandriskperspektivet hade Tennet förut en generell regel att inte acceptera en brandfarlig eller explosiv vara närmre än 25 m eftersom, i samråd med brandförsvaret, ett sådant utrymme behövde reserveras för eventuellt släckningsarbete. Med anledning av nya infrastrukturer, så som vätgas, lanserade Tennet en studie med konsultstöd som uppdaterade det allmänna avståndet till 50 m samt, specifikt för elektrolysörer, 150 m. Markförlagda gasledningar inkluderas dock inte i de avstånden eftersom de anses vara säkrare än installationer ovan jord. Detta kommer från en riskbedömning som utfördes och att Tennet drog ett streck vid incidenter som sker mindre än 1 gång per 1 000 år. Det bedömdes att de flesta risker associerade med gasledningar hamnade under den gränsen. Ingen

⁵⁵Department of Transportation (2024). 49 Code of Federal Regulations Part 192: Transportation of Natural and Other Gas by Pipeline: Minimum Federal Safety Standards. Kapitel om AC: 192.467, .473 och .577

⁵⁶ Mary L. McDaniel, Acting Director, Engineering & Research Division på PHMSA. Mejlväxling januari 2024.

⁵⁷ SFS-EN 50341-2-7, § 5.9.3. Overhead electrical lines exceeding AC 1 kV - Part -2-7: National Normative Aspects (NNA) for FINLAND (based on EN 50341-1:2012) Kan beställas:

<https://sales.sfs.fi/en/index/tuotteet/SFSsahko/CENELEC/ID2/5/1290936.html.stx> (hämtad 2024-02-23)

⁵⁸ Tiina Koivunen, Fingrid Oyj, Mejlväxling november 2023.

väsentlig skillnad görs därför mellan fossilgas- och vätgasledningar ur ett brandriskperspektiv.⁵⁹

Annat material som kan nämnas i avståndssammanhanget

Det finns ett ytterligare antal rapporter relaterade till temat "minimala avstånden mot stamnät" som är antingen kvalitativa eller specifika. Alternativt inte exakt tillämpbara för den här förstudiens scope, men nämns här för vidare läsning.

- **Det finns internmaterial hos SvK** som berör parallellgång och korsningar mellan kraftledning och gasledningar (eller fjärrvärme-ledningar), vilket visar att förståelse för påverkan från den ena ledningstypen på den andra och vice versa finns sedan länge. De berör dock inte vätgas.
- **IGEM/TD/1³⁷, brittiska standarden** om stålrör för gastransmission med högt tryck. Avsnitt 10.4.3 behandlar långa parallellgående sträckor och avstånd.
- **CAN/CSA-C22.3³⁶, kanadensiske standarden**, innehåller rekommendationer om avstånd inklusive där skärmning finns, vet ej exakt paragraf.
- **Engelska DNV GL rapporten³⁹**. Tar bland annat upp interferenseffekter (på olika avstånd, figur 12 i nämnd rapport) med hänsyn till korrosion, säkerhetsrisker och felfall.
- **H2-TSA 2023, Anvisningar för vätgasdrivna fordon³²**. Detta är som nämnt branschorganisationens anvisningar för vätgastankstationer, kapitel 5 berör avstånd. Det finns flertalet tillgängliga underlag som motiverar avstånden för de installationer som omfattas.
- **EGN 2023, Energigasnormer³¹**. Dessa gäller som nämnt för distributionssystem för fossilgas, gasol i gasfas och biogas med högst 4 bars tryck. Tabell 6.3 berör minsta tillåtna avstånd vid parallellförlängning och korsning.
- **MSBFS 2013:3 föreskrifter om tillstånd till hantering av brandfarliga gaser och vätskor** och andra matnyttiga länkar till föreskrifter och informationsmaterial på MSB:s hemsida⁴ om vätgas.
- **Flertalet material om ljusbågar i marken orsakade av blixtnedslag i stolpe som kan påverka markförlagda rörledningar**. Samt därtill rekommenderat avstånd, exempel på underlag i frågan^{60,61,62}.

⁵⁹ Björn Löring, Strateeg Ruimtelijke Ordening en Milieu, avdelning ESP-GP-SES, TenneT. Mejlväxling januari 2024.

⁶⁰ E. P. Dick and K. Martin-Sturmey (2016). *Transmission tower to pipeline arcing*. Down to Earth Conference (DTEC), Hunter Valley, NSW, Australia, 2016, pp. 1-6.
<https://ieeexplore.ieee.org/document/7731289> (senast hämtad 2024-02-23)

⁶¹ X. Kou et al. (2021). *Influence of Soil Structure on Coating Voltage of Buried Pipeline When Lightning Strikes Transmission Lines*. IEEE 4th International Electrical and Energy Conference (CIEEC), Wuhan, China, 2021, pp. 1-4. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9510526> (senast hämtad 2024-02-23)

⁶² Webster, C. et al (1994). *Powerline ground fault effects on pipelines*. Rapport åt Canadian Electrical Association Research & Development, Montréal.

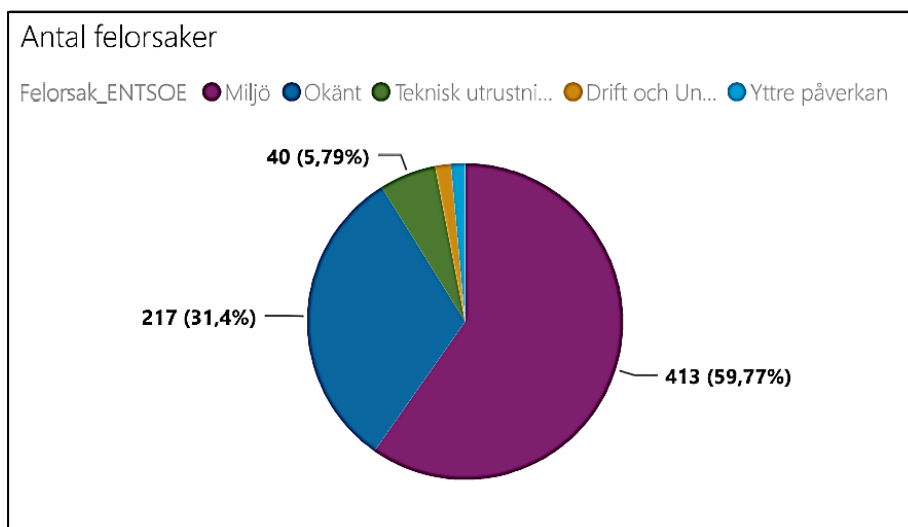
- **H2SIPP, Hydrogen Safety and Improved Permit Processes**⁶³. Allmän rekommendation att hålla utkik efter resultat från detta projekt. Det är en del av Nordisk Energiforskningsprogram "Nordic Hydrogen Valleys as Energy Hubs". Det studerar hur olika typer av hinder för implementering av vätgas kan övervinnas, med fokus på tillstånd, acceptans och säkerhet. 14 parter från Sverige, Finland och Norge.

3.5 STATISTIK FÖR ELAVBROTT OCH (METAN-)GASLÄCKAGE

Under förstudiens gång framkom även en del litteraturstöd till sannolikhetsfrekvenser som kan användas för vidare studier. Statistik (antal och orsak) för elavbrott samt läckagefrekvens sammanfattas och refereras till kortfattat i detta avsnitt.

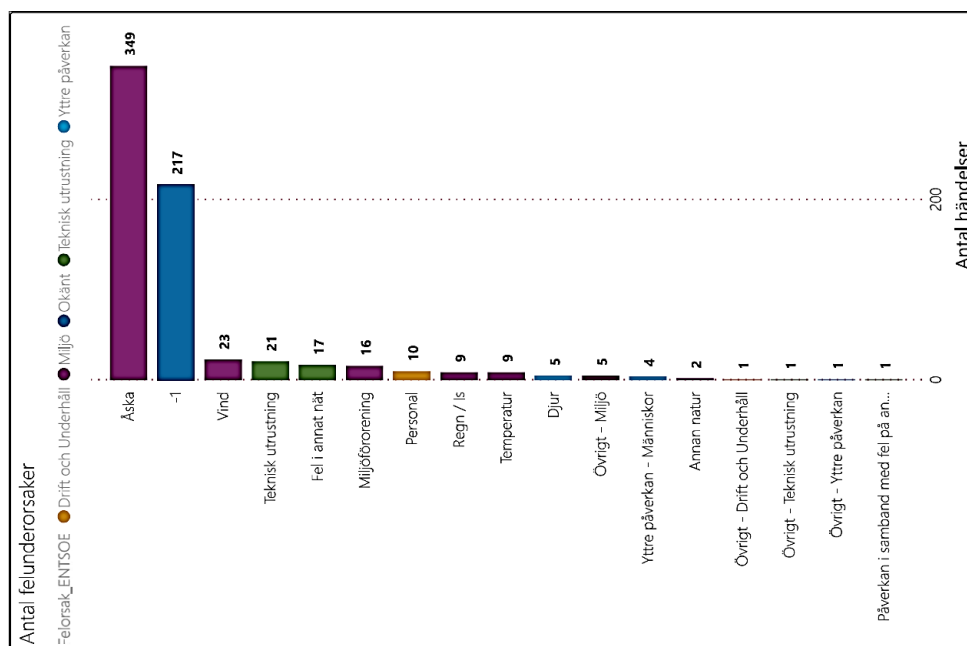
Elincidenter (Svk statistik)

Statistik över elavbrott och fel inklusive tid, längd, orsak med mera togs fram i Svk:s system för perioden 2013–2023. Två bilder klipps in nedan samt ett antal sammanfattande observationer inkluderas.



Figur 1: Antal felorsaker fördelat procentuellt på olika kategorier för åren 2013–2023.

⁶³ Luleå tekniska universitet (2024). *Hydrogen Safety and Improved Permit Processes, H2SIPP*. <https://www.ltu.se/forskning/centrumbildningar-och-samarbeten/centre-for-hydrogen-energy-systems-sweden/forskningsprojekt/forskningsprojekt/2023-10-13-hydrogen-safety-and-improved-permit-processes-h2sipp> (senast hämtad 2024-02-23)



Figur 2: Antal felorsaker samt felunderorsaker för registrerade händelser från luftledningen i perioden 2013–2023.

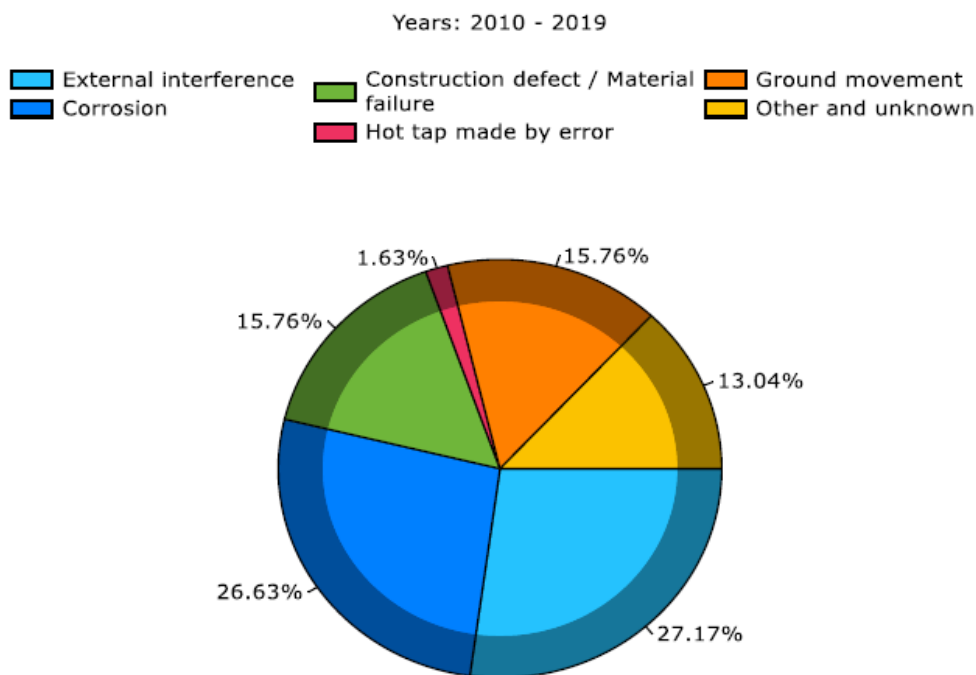
Elincidentstatistik från Svk, sammanfattade observationer:

- Majoriteten av antalet felorsaker beror på åska. Även de orubricerade händelserna ("–1" eller "okänt") består till hälften av åsknedslag som inte har räknats men gjort att ledningen löste ändå, exempelvis för att blixten slog ner nära eller ett träd föll ner bredvid ledningen.
- Flest fel registreras i perioden juni – augusti eftersom det är säsong för storm, kraftiga skyfall och åska.
- Många väderrelaterade avbrott ger inte varaktigt uppehåll i elförsörjningen eftersom det finns en automatik i återkoppling av elen som ofta snabbt kan hantera det.
- Tittar man på varaktighet av avbrotten så domineras statistiken av de tekniska felen istället, vanligen: en faslina som gått av, fel i ställverk, nedfallen topplina samt stolphaveri som alla tar lång tid att åtgärda. Dessa incidenter ger varaktiga avbrott och är svårare att hantera.

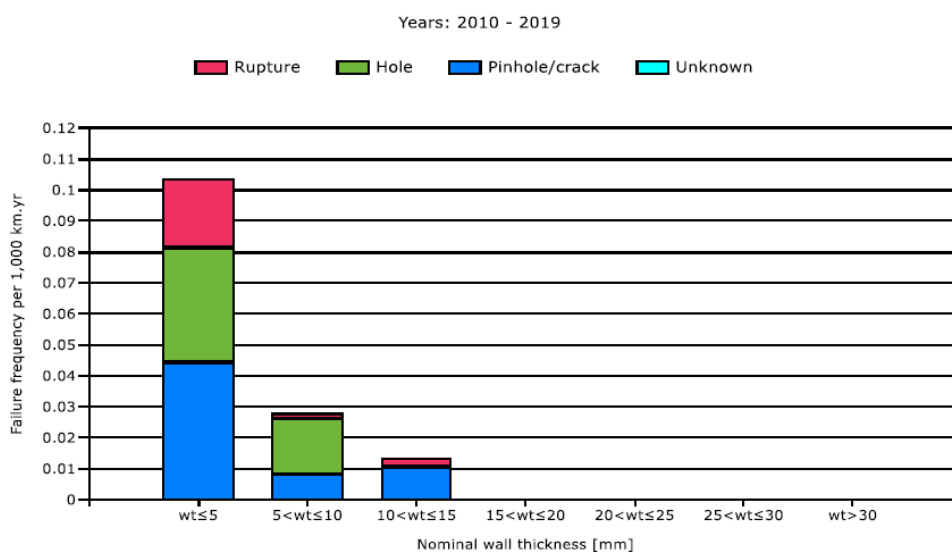
Gasnätsincidenter (EGIG statistik)

För gasincidentstatistik studerades huvudsakligen elfte rapporten från European Gas Pipeline Incident Data Group (EGIG) som beskriver incidenter i europeiska gasnät (i huvudsak metangas) för perioden 1970–2019.⁶⁴

⁶⁴ EGIG, 2020. *Gas pipeline incidents*. 11th Report of the European Gas Pipeline Incident Data Group (period 1970–2019), doc. Number VA 20.0432. Kan laddas ner: [https://www.egig.eu/reports/\\$60/\\$61](https://www.egig.eu/reports/$60/$61) (hämtad: 2024-04-29)



Figur 3: Distribution av incidenter för åren 2010–2019 (Figur 14 i EGIG, 2020)



Figur 4: Relation mellan typ av extern interferens, frekvens per 1000 km gasledning och år samt tjocklek på röret [wt] (Figur 30 i EGIG, 2020)

Gasstatistik från EGIG, sammanfattade observationer:

- Drygt 40 % av riskerna tillhör skred & extern påverkan på gasledning kategorin vilket är också den som leder till de allvarligaste konsekvenserna enligt vår workshop nedan.

- Antalet incidenter för korrosion respektive extern interferens är i liknande storleksordning, däremot ger korrosion inte all samma risknivå (mindre hålstorlek för läckor).
- Täckningsdjup anses vara en viktig faktor för att minska risker enligt gassystemoperatörerna.
- Risken för ruptur är högst för tunnare rör och incidentfrekvensen ses överlag minska med tjocklek och med täckningsdjupet.
- Konstruktionsfel och materialfel minskar också när nyare rör installeras jämfört med äldre varianter.
- Man uppskattar att andel läckage som antänds är 5 % samt att konsekvenserna ökar dramatiskt med diametern för läckagets hål. (Påminner här även Runefors rapport till MSB²⁰ som beskriver hålstorlekar, dimensionerande skadefall och konsekvenser för vätgasläckage).

4 Resultat riskworkshop

I detta avsnitt tillsammans med Bilaga A: Risklista presenteras de huvudsakliga resultaten från riskworkshopen som genomfördes vintern 2024. Deltagarna återfinns i Bilaga B. Sweco har skrivit detta kapitel.



4.1 FÖRUTSÄTTNINGAR OCH AVGRÄNSNINGAR

Riskworkshopen avgränsades till att fokusera på att identifiera och skatta risker med en grovriskanalysmetodik. Riskerna skattades utifrån deras sannolikhet och konsekvens. Analysen avgränsades till att skatta konsekvenserna utifrån människors liv och hälsa respektive utifrån avbrottstid (tiden för leveransavbrott i överföringen av el) till följd av samförläggning av vätgaspipeline och kraftledning. Under arbetets gång diskuterades även förslag på möjliga riskreducerande åtgärder för de identifierade riskerna på en övergripande nivå.

Arbetet avgränsade sig från att inkludera risker vid mät- och reglerstationer som inte förväntas vara placerade i ledningsgatorna, enbart risker i ledningsgatorna inkluderades.

Förutsättningar för analysen diskuterades fram gemensamt i början av workshopen för att skapa en gemensam förståelse och samsyn. Förutsättningarna presenteras i Tabell 1.

Tabell 1. Förutsättningar för analysen.

Förutsättning	Beskrivning
Allmänt	
Omgivande miljö	Gles bebyggelse, skog, åker
Allmänt elnät	
400 kV luftledning	Motsvarar ca 1,5 GW
Planeringstid	9 år

Förutsättning	Beskrivning
Byggnation	1 år
Livslängd luftledningar	Upp till 85 år (ej kustnära), 70 år (kustnära)
Luftledningar	Minst 7,8 meter ovan mark
Avstånd runt luftledning - risk för överslag	1,8 meter radie
Driftansvar elnät	
Styrning och övervakning	Dygnet runt alla årets dagar
Underhåll elnät	
Organisation	Basbemanning: projektledare, linjemontörer och besiktningsmän för planerade FU-arbeten
Larmmottagning	Vakthavande får info från Drift
Larmmetod	Ringlista, åka ut för felsökning och reparation
Inställelsetid helikopter	4 timmar
Inställelsetid felplats	6 timmar
Reparation nedfallen fasledare	24 timmar
Reparation av fiber	24 timmar
Reparation enskild stolpe	5 dagar
Reparation av ny lina	5 dagar
Reparation stolpras (<3 st)	2 veckor
Allmänt vätgaspipeline (projektspecifika förutsättningar kan avvika)	
Vätgasledningar ovan mark	Nej
Vätgasledningar under mark	Ja
Ledningsdimension	60–120 cm diameter
Ledningstryck vätgas	80 bar
Sektionering av pipeline	Linjeventilstationer, Mät- och reglerstationer ovan mark
Avstånd linjeventiler	4–16 km
Ledningsflöde vätgas	50 m/s
Livslängd vätgasledningar	cirka 50–70 år
Pipeline material	Stål, speciella standarder finns
Djup	Minst 0,9 djup men ska vara frostfritt, vilket innebär upp till 2,5 meters förläggningsdjup.
Pipeline placering i förhållande till stolpe	Samförläggning förutsätts
Mät och reglerstationer (bland annat kallfackling)	Placeras inte i anslutning till kraftledningar, ingår inte i scopet
Driftansvar vätgaspipeline (projektspecifika förutsättningar kan avvika)	
Driftansvar	Sätts upp i likhet med driften av naturgassystemet
Övervakningssystem vätgasläckage	Automatisk detektion finns inte idag för små läckage, görs utveckling på olika metoder bland annat ljud
Möjlighet till avstängning av gasflöde	Linjeventiler sektionerar och stänger vid större utsläpp, fjärrstyrda
Avfackling	Manuellt
Entreprenör vätgaspipeline (projektspecifika förutsättningar kan avvika)	
Organisation	Följer operatörens projektprocess där stora delar följer befintliga rutiner och hantering av entreprenader

4.2 KRITERIER FÖR RISKSATTNING

I början av workshopen diskuterades och fastställdes gemensamt även de riskkriterier som användes för skattning av sannolikhet och konsekvens. Kriterierna utgick ifrån en skala 0–5 där 5 innebär störst sannolikhet/konsekvens.

I Tabell 2 nedan presenteras använda kriterier för sannolikhetsskattning. För att lättare förankra sannolikheten till något mer praktiskt så gjordes skattningen för en teoretisk 5 mil lång ledningsgata. Sannolikheten beskrevs även med en frekvens som preciserade hur många gånger per år en händelse ska förväntas inträffa för att tillhöra respektive siffra i sannolikhetsskalan. Respektive siffra i sannolikhetsskalan beskrevs även med ord för byggnationsskede respektive driftskede.

Tabell 2. Kriterier för skattning av sannolikhet

Risikfaktor	Sannolikhet	Byggskede	Driftskede	Frekvens
0	N/A	N/A	N/A	N/A
1	Extremt osannolikt	Händelse osannolik att någonsin inträffa under byggtiden för ett projekt (5 mils sträcka)	Händelse osannolik att någonsin inträffa under systemets livstid (5 mils sträcka)	mindre än 1 gång per 1000 år
2	Osannolikt	Händelse mycket osannolik att inträffa under byggtiden för ett projekt (5 mils sträcka)	Händelse osannolik att inträffa under systemets livstid (5 mils sträcka)	1 gång per 100 - 1000 år
3	Möjligt	Händelse osannolik att inträffa under byggtiden för ett projekt (5 mils sträcka)	Händelse sannolik att inträffa en gång under systemets livstid (5 mils sträcka)	1 gång per 10 - 100 år
4	Sannolikt	Händelse sannolik att inträffa en gång under byggtiden för ett projekt (5 mils sträcka)	Händelse sannolik att inträffa flertalet gånger under systemets livstid (5 mils sträcka)	1 gång per 1 - 10 år
5	Troligt	Händelse sannolik att inträffa en eller fler gånger under byggtiden för ett projekt (5 mils sträcka)	Händelse sannolik att inträffa varje år under systemets livstid (5 mils sträcka)	mer än en gång per år

I Tabell 3 nedan presenteras använda kriterier för konsekvensskattning. I analysen skattades konsekvenserna för respektive riskscenario utifrån eventuella konsekvenser för människors liv och hälsa samt eventuella konsekvenser i form av avbrottstid – tiden för leveransavbrott i elöverföringen genom den aktuella ledningsgatan. Konsekvensskattningen för avbrottstid är illustrativ och utfördes under premisen att vätgasledningens systemvikt inte är fastställd ännu, vilket behöver hanteras i annat forum men ingår inte i omfattningen för denna analys. I analysen har riktlinjer och erfarenheter inom Svk:s organisation använts som stödmaterial för de använda kriterierna och skattningen av avbrottstid.

Tabell 3. Kriterier för skattning av konsekvens

Risikfaktor	Konsekvens	Liv och hälsa	Avbrottstid
0	N/A	N/A	N/A
1	Försumbar	Enstaka lindrigt skadade	<1 timme
2	Liten	Flertalet lindrigt skadade	1 timme - 12 timmar
3	Stor	Enstaka allvarligt skadade/Många lindrigt skadade	12 timmar - 2 dygn
4	Allvarlig	Enstaka dödsfall/Flertalet allvarligt skadade	2 dygn - 1 vecka
5	Katastrofal	Flertalet dödsfall/Många allvarligt skadade	> 1 vecka

4.3 RESULTERANDE RISKSCENARIER

Under genomförd workshop har 83 riskscenarier identifierats, i Bilaga A presenteras samtliga identifierade riskscenarier i en risklista. Riskscenarierna kategoriserades utifrån vilket skede de har identifierats i. De huvudsakliga analyserade skedena var byggnation, driftsättning, drift och underhåll. Respektive riskscenario tilldelades även en plats/aktivitet för vilken risken har identifierats.

Vidare beskrivs enligt principen: riskscenariot beskrivs först, följt av möjlig orsak till händelsen och därefter möjlig konsekvens av inträffad händelse samt eventuell kommentar. Därefter presenteras skattningen av respektive riskscenarios sannolikhet och konsekvens med avseende på liv och hälsa respektive avbrottstid i enlighet med de kriterier som anges i Tabell 2 och Tabell 3.

Flertalet risker har identifierats men sedan exkluderats från vidare analys (skattning av sannolikhet och konsekvens), genom att strykas över i risklistan med en motivering. Dessa risker har valts att ändå presenteras i den fullständiga risklistan i Bilaga A för att visa att riskerna varit påtänkta men inte bedömts vara aktuella eller inte omfattas av utredningen.

De identifierade riskscenarierna placerades utifrån skattningen av sannolikhet och konsekvens i riskmatriser för att illustrera vilka riskscenarier som bedömts utgöra en större respektive mindre risk. I Figur 5 och Figur 6 nedan presenteras riskmatriser som illustrerar resultatet av skattningen. Varje siffra i matrisen representerar ett Risk-ID i Bilaga A.

Sannolikhet Stor → 4 ← 2 Liten	5	59		10, 61, 62, 63, 67		
	4		22	7, 37, 40	42, 79	52
	3		38, 72	8, 17, 36, 47, 57, 64, 68, 69	43	
	2	48, 54	1, 34, 80, 81	20, 21, 76	26, 27, 32, 45, 50, 77, 83	2, 4, 18, 25, 39, 74
	1	46, 49, 53, 55		71	5, 6	3, 16, 33, 35, 41, 73, 75
		1	2	3	4	5
		Liten	←	Konsekvens Liv och Hälsa	→	Stor

Figur 5. Riskmatris som illustrerar skattning av sannolikhet och konsekvens (liv och hälsa) för identifierade riskscenarier. Varje siffra representerar ett Risk-ID i Bilaga A.

Resultatet visar att de identifierade riskerna har en relativt jämn spridning över riskmatrisen vilket innebär att riskscenarier med olika stor risknivå har inkluderats och analyserats i workshopen.

I denna analys har inte kriterier för vad som är acceptabel eller inte acceptabelt preciserats eftersom syftet främst varit att kartlägga riskerna. Om sådana kriterier fastslås brukar det gröna området illustrera acceptabla risknivåer, det röda området icke acceptabla risknivåer där åtgärder måste vidtas och det gula området indikera att åtgärder behöver utredas och rimliga åtgärder behöver vidtas. De färgade områdenas storlek och omfattning ska väljas utifrån den specifika riskägarens bedömningskriterier för vad som är acceptabel och inte acceptabel risknivå. I detta fall är färgerna mest illustrativa för att visa att riskscenarier i det övre höga hörnet har höga risknivåer och i det nedre vänstra hörnet är risknivåerna låga.

Sannolikhet	Stor	5	10, 61, 62, 63					
	→	4	22, 40	42	52, 79			
		3	8, 36, 38, 57, 64, 68, 72	17, 30		43, 56		47
	←	2	1, 20, 34, 76, 80, 81	21, 27, 48, 50, 54, 83	24	9, 26, 45		2, 4, 18, 25, 32, 39, 74, 77
	Liten	1				5, 6, 46, 49, 53, 55		3, 16, 33, 35, 41, 58, 73
			1	2	3	4	5	
			Liten	←	Konsekvens	Avbrottstid	→	Stor

Figur 6. Riskmatris som illustrerar skattning av sannolikhet och konsekvens (avbrottstid) för identifierade riskscenarier. Varje siffra representerar ett Risk-ID i Bilaga A.

För skattning av riskscenarier med avseende på konsekvenser för liv och hälsa skattades fler scenarier ha höga risknivåer (det övre högre hörnet) jämfört med motsvarande scenariers skattning med avseende på avbrottstid.

De riskscenarier som har skattats till störst konsekvenser med avseende på både människors liv och hälsa och avbrottstid är scenarier där det sker ett stort vätgasläckage från vätgasrörledningen som antänds och det bildas en stor jetflamma eller explosion. Flertalet orsaker till ett sådant läckage har identifierats i workshopen, bland annat:

- Markrörelser (exempelvis tjäle, sättningar, fordonsrörelser vid underhåll)
- Fysisk åverkan på rörledning (exempelvis grävarbeten, prospektering, markundersökningar)
- Extern brand
- Antagonistiska handlingar
- Jordfel

Utöver risker förknippade med vätgasläckage från rörledningen utgörs de flesta identifierade riskscenarier av:

- Elektriska risker som uppkommer till följd av arbetsmoment vid byggnation/underhåll eller potentialskillnader på grund av samförläggningen, eller
- Risker förknippade med att etableringen av vätgasrörledning kan innebära förändrade markförhållanden vilken kan påverka bärförmågan i marken.

I Bilaga A presenteras även riskreducerande åtgärder i anslutning till respektive riskscenario i de fall där gruppen diskuterade åtgärdsförslag i samband med diskussionen av riskscenariot. Eftersom tyngdpunkten lades vid identifiering och skattning av riskerna har inte en utförlig analys av möjliga åtgärder för samtliga relevanta riskscenarier utförts. Det har heller inte genomförts en skattning av riskscenariernas sannolikhet och konsekvens efter implementering av föreslagna åtgärder.

5 Diskussion

Workshop

Den kvalitativa grovriskanalysen uppfyllde syftet att på ett snabbt sätt ta fram de huvudsakliga riskerna och ge en överskådlig förståelse av riskbilden. Andra riskmetoder fordrar mer tid och resurser än vad förstudiens ramar tillåtit.

En bred sammansättning av gruppen, med stöd av ytterligare experter före och efter, genomförde riskworkshopen. Resultat från grovriskanalyser kan påverkas av enskildas värderingar eller intressen. Diskussionen var dock genomgående konstruktiv och gruppen enades om skattningar och beskrivningar. Ytterligare expertis hade möjligen gett annorlunda resultat. Gruppen avstod till exempel från att bedöma hur respektive ledningars korrosionsskydd skulle kunna påverka varandra och rekommenderade vidare utredning, varvid kanske en korrosionsexpert hade kunnat fylla i luckan.

De perspektiv som medvetet utelämnades inkluderar systemperspektivet – om man väger in både elsystemet och vätgassystemet för Sveriges energiförsörjning – vilket förändrar hur man bedömer avbrott på båda ledningar samtidigt. Även totalförsvarsperspektivet var utanför scope men hanterades i en annan del av förstudien och dess ansvariga tog del av riskanalysens diskussion och resultat.

I arbetet har inte kriterier för vad som anses acceptabla och oacceptabla sannolikheter och konsekvenser preciserats, delvis på grund av de ovan nämnda utelämnade perspektiven. Därför får respektive riskägare vidare begrunda sina bedömningskriterier.

De resulterande riskscenarierna var väntade. De med störst konsekvenser både för människors liv och hälsa samt elledningens avbrottstid härrör till händelse att ett stort vätgasläckage uppstår, antänds och bildar jetflamma eller detonerar. Under workshoppens inledande diskussioner rekommenderade brandsäkerhetsexpert Marcus Runefors att riskarbetet inte skulle inriktas på att identifiera och mitigera möjliga antändningskällor eftersom de kan uppstå på en mängd olika sätt och vara svåra att undvika. Gruppen enades då om att det var mer värt ur ett riskperspektiv att fokusera på att undvika läckage (orsaker till vilket återges i risklistan och sammanfattades i kapitel 4). De flesta risker utöver läckage hör till kategori elektriska risker respektive markförändringar med anledning av samförläggningen. Det finns sedan tidigare många kända risker som rör induktion, potentialskillnader, jordning med mera, men hur det förhåller sig och samverkar vid (nära) samförläggning behöver studeras vidare.

Skattning av riskscenariernas sannolikhet och konsekvenser efter vald riskreducerande åtgärd gjordes inte. Delvis på grund av begränsad omfattning och delvis på grund av riskanalysens generella karaktär. De åtgärdsförslag som uppkom i samband med diskussionerna har dock tagits med för att ge inspiration till vidare arbete.

Återkommande åtgärdsförslag från workshopen inkluderade samplanering och noggranna markundersökningar inför ledningsdragningar samt regelbundna

kontroller av skyddssystem samt spänningsmätningar inför påbörjade arbeten. Vissa av de föreslagna åtgärderna har direkt eller indirekt med horisontellt avstånd att göra, till exempel för störningsfri jordning eller minskad korrosion, medan andra rör vätgasledningens djup.

Arbetsmiljöaspekter bör allmänt undersökas närmare. Det är viktigt att personal som gör underhåll på gasledning respektive elledning förstår de risker som finns vid sam- eller närförlagda ledningar och hur de kan hanteras, med exempelvis lämplig personlig skyddsutrustning. Flera i gruppen föreslog som åtgärd att säkerställa rätt kompetens och utbilda personal samt samordna vid planerat och oplanerat underhåll för respektive ledning (och om något arbete fordrar avbrott i överföringen på den andra ledningen). En fråga som behöver vidare diskussion är hur man hanterar tunga fordon och dess förare som är vana att köra fritt i ledningsgatorna – utifall det skulle bli viktbegränsningar på grund av den markförlagda vätgasledningen.

Klimatförändringar var ytterligare ett ämne som dök upp under workshoppen och därtill, för vissa områden, ökad sannolikhet för exempelvis skogsbrand, översvämning och jordskred. Resiliens i energiförsörjningen är en relevant faktor vid utformning av dessa parallella system, speciellt i det fall att de ur ett systemperspektiv kommer att komplettera varandra vilket inte bedöms som osannolikt.

Referensmaterial

Litteratururvalet är huvudsakligen kvalitativt och det görs inte anspråk på att rapporten ska utgöra ett heltäckande referensverk. Arbetet har dock involverat flera experter och berörda myndigheter, varför referensmaterialet bör utgöra en god startpunkt för vidare arbete.

Vad det gäller internationell kunskap och erfarenheter är intrycket att förstudien endast skrapat på ytan. Det finns mycket kunskap hos gasvana länder och många satsar på vätgasinfrastruktur. Flera konsultföretag i Sverige som kontaktats under uppdraget har relevant kompetens men resurserna är oftast placerade utomlands. Det rekommenderas att fortsatt utbyta kunskap och tekniska lösningar internationellt samt att bidra till att kommunicera kompetensbehoven.

En uppfattning efter sammanställningen av referensmaterialet är att det vore värdefullt att MSB uppdaterar sina föreskrifter att (tydligare) innefatta vätgas och kunna ge ytterligare vägledning till olika aktörer och myndigheter. Att parallellt utveckla särskilda branschvisningar, som nu planerat, vore även ett gott stöd. Därutöver kan elsäkerhetsåtgärder diskuteras vidare.

6 Sammanfattning och vidare arbete

Workshopen har även påbörjat arbetet med att identifiera relevanta riskreducerande åtgärder de identifierade riskscenarierna. Resultatet utgör ett underlag för vidare arbete med mer detaljerade riskanalyser kring tekniska risker vid samförläggning och nödvändiga åtgärder. Det finns även andra aspekter att beakta vid samförläggning av vätgasledningar med transmissionsnätet och att belysa dessa har inte ingått i detta uppdrag. Förstudien har även sammanställt mycket referensmaterial som på ett eller annat sätt berör det aktuella gränssnittet.

Toppriskerna

En grovriskanalys med fokus på gränssnittet "parallellgående markförlagda vätgasledningar i transmissionsnätets luftledningsgator" genomfördes under 1,5 dags fysiskt träff samt uppföljande Teamsmöte med en bredd av kompetenser i gruppen. Förutsättning var bland annat en fiktiv 5 mil lång sträcka i glesbefolkat område. Riskworkshopen har identifierat 83 riskscenarier och genom en grov skattning av deras sannolikhet och konsekvens illustrerat vilka riskscenarier som innebär en större respektive mindre risk.

Det finns flertalet tekniska risker som behöver hanteras vid samförläggning av vätgasnät och elnät. De riskscenarier som har skattats till störst konsekvenser med avseende på både människors liv och hälsa och avbrottstid är scenarier där det sker ett stort vätgasläckage från vätgasrörledningen som antänds och det bildas en stor jetflamma eller explosion. Antändningskällor antogs finnas i området och fokus låg på orsaker till ett sådant läckage, där bland annat följande orsaker identifierades:

- markrörelser (exempelvis tjäle, sättningar, fordonsrörelser vid underhåll)
- fysisk åverkan på rörledning (exempelvis grävarbeten)
- extern brand
- antagonistiska handlingar
- jordfel

Utöver risker förknippade med vätgasläckage från rörledningen, utgörs de flesta identifierade riskscenarier av elektriska risker som uppkommer till följd av arbetsmoment vid byggnation/underhåll eller potentialskillnader på grund av samförläggningen.

Det finns även möjliga scenarier där ett underhållsarbete på gasledningen kan fordra avbrott på kraftledningen som behöver undersökas vidare. Därutöver har risker förknippade med att etableringen av vätgasledning identifierats vilket kan innebära förändrade markförhållanden, vilket i sin tur kan påverka bärförmågan i marken.

Som nämnts, endast den tekniska aspekten av riskerna behandlades i uppdraget och att det kvarstår till exempel att ta hänsyn till systemvikten av vätgas i sig men även andra praktiska utmaningar som exempelvis hur framtida stamnätsförnyelser skulle genomföras då Svk:s handlingsfrihet över ledningsgatan skulle begränsas om det förlades annan infrastruktur nära.

Referensmaterialet

Rapporten har sammanställt det relevanta referensmaterialet som framkommit under förstudiens gång så som föreskrifter, normer, standarder, anvisningar och en hel del material från internationellt håll inklusive dialoger med TSO:er. Även ett kort avsnitt med statistik på elavbrott respektive gasnätsincidenter har inkluderats. Sammanställningen erbjuder en översiktlig orientering i regelverksmiljön och en grund för vidare studier.

Det saknas specifika regelverk för vätgasinfrastruktur och det finns brandtekniska skillnader som gör att det inte direkt går att applicera regelverken för metanledningar på vätgasledningar (exempelvis materialkrav kan skilja). Dock har branschorganisationen Energigas Sverige nyligen beslutat om en målsättning att arbeta fram motsvarande naturgassystemanvisningar (NGSA) fast för vätgas. Det vore sannolikt värdefullt för det arbetet att MSB uppdaterar sina föreskrifter 2009:7 för att inkludera vätgas.

Avståndsfrågan

Sammantaget finns det egenskaper hos vätgas som både höjer och sänker risken i samband med samförläggning med kraftledningar. Å ena sidan kan värmestrålningen från jetflammar, som avgör avstånden för naturgasledningar idag, förväntas ge kortare avstånd för vätgas med tanke på den lägre strålningsandelen. Å andra sidan kan en fördröjd antändning ge en tryckvåg vilket inte på samma sätt är fallet för metanutsläpp. Om detta sammantaget gör att nödvändigt avstånd är längre eller kortare är inte känt idag. En annan aspekt som är relevant ur ett samförläggningssperspektiv är den förväntat högre läckagefrekvensen och transportsträckan under mark för vätgas.

Slutsatsen som denna förstudie drar är att tabell 4 från ELSÄK-FS 2022:1 är i nuläget styrande för avståndet. Observera att den inte är framtagen med vätgas eller vätgasledningar i särskild åtanke. Den här förstudien kan inte rekommendera något annat minimiavstånd utan rekommenderar att mer kunskap tas fram, vilket även under studiens gång har efterfrågats av både akademien och Elsäkerhetsverket.

Tabell 4: Sammanfattat krav från de mest relevanta underlagen idag för horisontellt avstånd i den aktuella frågan.

Källa (se avsnitt 3.4 för mer detaljer)	Avstånd vid 400 kV	Kommentar
<i>För Sverige</i>		
Elsäkerhetsverkets föreskrift ELSÄK-FS 2022:1, tabell 4	60 m till brandfarlig vara	Föreskriver för 420 kV konstruktionsspänning

Källa (se avsnitt 3.4 för mer detaljer)	Avstånd vid 400 kV	Kommentar
Svensk elstandard SS-EN 50341-2-18, tabell 5.9.2/SE.3	60 m till brännbart gods	Gäller för 420 kV konstruktionsspänning
Svensk elstandard SS-EN 50443, tabell 2	20 m separation för jordade stolpar	Gäller för nominell spänning över 50 kV
Branschavisningar NGSA 2023, tabell 5.6	50 m till gasledning	Anvisat för spänning över 130 kV
<i>För Finland</i>		
Finsk elstandard SS-EN 50341-2-7, 5.9.3 FI.3	Högsta stolpens höjd i avstånd till explosiva miljöer	Antaget att en stolpe kan falla helt åt sidan och att det finns ett vätgasläckage

En dialog med Elsäkerhetsverket hålls med fördel framöver alltmedan kunskapsnivån kring vätgas höjs, sprids och förankras. Det kan framkomma att andra avstånd är lämpliga varpå de skulle kunna ta ställning till om tabellen bör uppdateras (vilket idag inte är planerat). Det kan noteras att Elsäkerhetsverket får medge undantag från föreskrifterna (enligt 4 § i FS 2022:1).

Olika länder som förstudien haft kontakt med lutar sig mot befintliga standarder (nationella eller internationella) vad det gäller avstånd på grund av elektriska risker. Nederländerna behandlar för närvarande inte markförlagda vätgas- respektive fossilgasledningar olika ur ett brandriskperspektiv. Däremot har Finska TSO:n instruerat utöver elstandarden EN50341, i enlighet med de egna nationella tilläggen, att högsta stolpens höjd bör hållas i horisontellt avstånd så att en nedfallen stolpe inte hamnar i en potentiellt explosiv miljö vid vätgasledningen (som man menar alltid kan uppstå vid ett läckage). Stolpens förmåga att falla rakt åt sidan bedömdes dock som osannolik under denna förstudies riskworkshop.

Det finns utöver detta mycket befintliga material att läsa om kraftledningars påverkan på gasledningar, exempelvis korrosion inducerat av växelström.

Rekommendation vidare arbete för tekniska risker

Ett generellt vidare steg är för SvK att se till systemperspektivet på riskerna. Därefter kan SvK ta fram interna kriterier för vad som anses acceptabla respektive oacceptabla risker för det aktuella gränssnittet. Därefter kan en fortsättning på riskarbetet genomföras genom att diskutera och besluta om önskade riskreducerande åtgärder, efter vilket en ny riskskattning kan göras för att bedöma om risken kan anses acceptabel efter åtgärd. Denna förstudie har enbart gett förslag till olika sådana åtgärder.

Det rekommenderas även att ytterligare studera internationella kunskapsunderlag och erfarenheter. Detta kan möjligen utföras tidseffektivt med hjälp av konsulter som har närvaro i flera länder. Exempelvis vore det intressant att se fler detaljer på befintliga vätgasnät i andra länder för att ha mer att jämföra mot: drifttryck, flöden, rördimensioner.

Det rekommenderas beräkningar på samverkan/påverkan på respektive ledningarnas elektriska skyddssystem vid samförläggning samt djupare diskussioner om arbetsmiljöaspekter. Det sistnämnda särskilt vid underhållsarbeten av respektive system. Ett intressant exempel som framkom under förstudiens workshop är då en bypassledning kan behöva monteras på en gasledning för att utföra åtgärder, vilket kan fordra långa avbrott på kraftledningen (risk 66).

Påbyggnadsprojekt utöver tekniska risker och inom Energiforsks vätgasprogram skulle kunna vara energisystemmodellering för ett utbyggt vätgasnät i samspel med elnätet, optimering av elektriska skyddssystem vid nära avstånd samt vätgasens möjligheter till att öka energisystemets resiliens. En förstudie i samarbete med Brandforsk för vätgas avslutades nyligen (Brandforskrapport 2024:5) och gav ytterligare uppslag om brandsäkerhetsrelaterad forskning.

Slutord

Det behövs ökad kunskap och kompetens för en snabb omställning till ett robust och hållbart energisystem. Denna förstudie bidrog till att skapa en plats för konstruktiv dialog och bidrog till kompetenshöjning och förståelse om teknik- och brandsäkerhetsriskerna vid samförläggning av vätgasinfrastruktur med transmissionsnätet. ■

7 Referenslista

- Alberta (2024). *Hydrogen 101*. <https://www.alberta.ca/hydrogen-101> (hämtad: 2024-02-26)
- AMPP (2019). *SP0177-2019 Mitigation of Alternating Current and Lightning Effects on Metallic Structures and Corrosion Control Systems*. Kan beställas: <https://store.ampp.org/sp0177-2014-sg-formerly-rp0177-mitigation-of-alternating-current-and-lightning-effects-on-metallic-structures-and-corrosion-control-systems> (hämtad 2024-02-26) ISBN: 1-57590-116-1
- ASME (2024). *Hydrogen Piping and Pipelines – ASME Code for Pressure Piping B31.12 – 2023*. <https://www.asme.org/codes-standards/find-codes-standards/b31-12-hydrogen-piping-pipelines/2023> (hämtad: 2024-03-25)
- CIGRE (2006). *AC corrosion on metallic pipelines due to interference from AC power lines – Phenomenon, modelling and countermeasures*. Technical Brochure no. 290. Kan beställas: <https://www.e-cigre.org/publications/detail/290-ac-corrosion-on-metallic-pipelines-due-to-interference-from-ac-power-lines-phenomenon-modelling-and-countermeasures.html> (hämtad 2024-02-26)
- CSA Group (2022). *CSA C22.3 NO. 6:13 (R2022) Principles and practices of electrical coordination between pipelines and electric supply lines*. Kan beställas: <https://www.csagroup.org/store/product/2422411/> (hämtad 2024-02-26)
- Department of Transportation (2024). *Code of Federal Regulations 49 Part 192 Transportation of Natural and Other Gas by Pipeline: Minimum Federal Safety Standards*. <https://www.ecfr.gov/current/title-49/subtitle-B/chapter-I/subchapter-D/part-192?toc=1> (hämtad 2024-02-26)
- DNV GL (2015). *Criteria for Pipelines Co-Existing with Electric Power Lines*. The INGAA Foundation Final Report No. 2015-04. <https://ingaa.org/wp-content/uploads/2015/10/24732.pdf> (hämtad 2024-02-23)
- E. P. Dick and K. Martin-Sturmey (2016). *Transmission tower to pipeline arcing*. Down to Earth Conference (DTEC), Hunter Valley, NSW, Australia, 2016, pp. 1-6. <https://ieeexplore.ieee.org/document/7731289> (hämtad: 2024-02-23)
- EGIG, 2020. *Gas pipeline incidents*. 11th Report of the European Gas Pipeline Incident Data Group (period 1970–2019), doc. Number VA 20.0432. Kan laddas ner: [https://www.egig.eu/reports/\\$60/\\$61](https://www.egig.eu/reports/$60/$61) (hämtad: 2024-04-29)
- ELSÄK-FS 2022:1. *Elsäkerhetsverkets föreskrifter och allmänna råd om hur starkströmsanläggningar ska vara utförda*. <https://www.elsakerhetsverket.se/om-oss/press/pressmeddelanden/2022/nya-foreskrifter-for-starkstromsanlaggningar/> (hämtad: 2024-02-22)
- Energigas Sverige (2021). *Statistik om vätgas*. <https://www.energigas.se/fakta-om-gas/vatgas/statistik-om-vatgas/> (hämtad 2024-01-30)

Energigas Sverige (2023) *Anvisningar – tankstationer för vätgasdrivna fordon, H2-TSA* 2023. <https://www.energigas.se/publikationer/normer-och-anvisningar/anvisningar-tankstationer-for-vatgasdrivna-fordon-h2-tsa-2023/> (hämtad: 2024-02-23)

Energigas Sverige (2023). *Energigasnormer, EGN 2023*. Kan beställas: <https://www.energigas.se/publikationer/normer-och-anvisningar/energigasnormer-egn-2023/> (senast hämtad 2024-02-23)

European Hydrogen Backbone (2024). *Our work*. <https://ehb.eu/page/our-work> (hämtad: 2024-02-26)

Evans, Bryan (2023), Pond & Company. *Induced AC Interference & Mitigation*. Appalachian Underground Corrosion Short Course. https://aucsc.com/downloads/PIM_AC%20Mitigation%20Pipeline%20Integrity_2023_P7.pdf (hämtad: 2024-02-26)

Hydrogen Europe (2023). *HYDROGEN EUROPE – TECH [Overview]*, https://hydrogeneurope.eu/wp-content/uploads/2021/11/Tech-Overview_Hydrogen-Applications.pdf (hämtad: 2024-03-22)

IEA (2023). *Global Hydrogen Review 2023*. <https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2023> p.11 (hämtad 2024-02-26)

IGEM (2021). *IGEM/TD/1 Edition 6 - Steel pipelines for high pressure gas transmission*. Kan beställas: <https://www.igem.org.uk/resource/igem-td-1-edition-6-steel-pipelines-for-high-pressure-gas-transmission.html> (hämtad: 2024-02-26)

Kirkpatrick, Earl L och Haque, Sydul (2016). *A case study of pipeline induced AC mitigation on a complex right-of-way*. <https://www.elkeng.com/wp-content/uploads/2017/04/A-Case-Study-of-Pipeline-Induced-AC-Mitigation-on-a-Complex-Right-of-Way.pdf> (hämtad: 2024-02-26)

Kou, X. et al. (2021). *Influence of Soil Structure On Coating Voltage of Buried Pipeline When Lightning Strikes Transmission Lines*. IEEE 4th International Electrical and Energy Conference (CIEEC), Wuhan, China, 2021, pp. 1-4. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9510526> (hämtad: 2024-02-23)

Luleå tekniska universitet (2024). *Hydrogen Safety and Improved Permit Processes, H2SIPP*. <https://www.ltu.se/forskning/centrumbildningar-och-samarbeten/centre-for-hydrogen-energy-systems-sweden/forskningsprojekt/forskningsprojekt/2023-10-13-hydrogen-safety-and-improved-permit-processes-h2sipp> (hämtad 2024-02-23)

Lundberg, R. och Camitz, G. (2015). *Växelströmspåverkan på naturgasledningar*. Energiforskrapport 2015:115. <https://energiforsk.se/program/energigasteknik/rapporter/vaxelstromspa-verkan-pa-naturgasledningar/> (hämtad: 2024-02-23)

Martin, Polly (2023). Europe's first national hydrogen pipeline network to start construction this month. *Hydrogen Insight*, 23 oktober 2023. <https://www.hydrogeninsight.com/industrial/europe-s-first-national->

- hydrogen-pipeline-network-to-start-construction-this-month/2-1-1529347 (hämtad: 2024-02-26)
- Ministry of Energy, Government of Chile (2020). *National green hydrogen strategy*. https://energia.gob.cl/sites/default/files/national_green_hydrogen_strategy_-_chile.pdf (hämtad: 2024-02-26)
- MSB (2023). *Vätgas*. <https://www.msb.se/sv/amnesomraden/skydd-mot-olyckor-och-farliga-amnen/brandfarligt-och-explosivt/brandfarliga-gaser/vatgas/> (hämtad 2024-01-30)
- MSBFS 2009:7, Föreskrifter och allmänna råd om ledningssystem för naturgas. <https://www.msb.se/sv/regler/gallande-regler/brandfarliga-och-explosiva-varor/msbfs-20097/> (hämtad: 2024-02-26)
- MSBFS 2010:4. Föreskrifter om vilka varor som ska anses utgöra brandfarliga eller explosiva varor. <https://www.msb.se/sv/regler/gallande-regler/brandfarliga-och-explosiva-varor/msbfs-20104/> (hämtad 2024-02-14)
- MSBFS 2020:1 Föreskrifter om hantering av brandfarlig gas och brandfarliga aerosoler. <https://www.msb.se/sv/regler/gallande-regler/brandfarliga-och-explosiva-varor/msbfs-202012/> (hämtad 2024-02-23)
- NACE International (2014). *NACE SP0177-2014 Mitigation of Alternating Current and Lightning Effects on Metallic Structures and Corrosion Control Systems*. ISBN 1-57590-116-1
- Nationalencyklopedin (2024). *Väte*. <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lang/väte> (hämtad 2024-02-13)
- Parfomak, Paul W. (2021). *Pipeline Transportation of Hydrogen: Regulation, Research, and Policy*. Congressional Research Service Report no. R46700. <https://crsreports.congress.gov/search/#/?termsToSearch=46700> (hämtad 2024-02-26)
- Runefors, M. (2023). *Förslag till skyddsavstånd för vätgasininstallationer*. MSB. https://www.msb.se/contentassets/0cb4505a592d4b51bca158a8fb3fd0d0/runefors_avstandsrapport.pdf (hämtad 2024-02-23)
- SEK, Svensk Elstandard (2012). SS-EN 50443 *Effekter av elektromagnetisk påverkan på rörledningar orsakade av banmatningssystem med högspänd växelspanning och/eller kraftförsörjningssystem med högspänd växelspanning*. Kan beställas: <https://www.sis.se/produkter/fluidsystem-och-delar/rorledningskomponenter-och-rorledningar/ovriga-rorledningskomponenter/ssen50443/> (hämtad: 2024-02-26)
- SEK, Svensk Elstandard (2017). *Elektriska friledningar över 1 kV (AC)- del 2–18: Svensk normativ bilaga*. Kan beställas: <https://www.sis.se/produkter/elektroteknik-24c2329a/elnat/distributionsledningar/ssen50341218/> (hämtad 2024-02-26)

- SFS-EN 50341-2-7, § 5.9.3. *Overhead electrical lines exceeding AC 1 kV - Part -2-7: National Normative Aspects (NNA) for FINLAND*. Kan beställas:
<https://sales.sfs.fi/en/index/tuotteet/SFSsahko/CENELEC/ID2/5/1290936.html.stx> (hämtad 2024-02-23)
- Shine, Ian (2023) Hydrogen pipelines are making progress around the world. These countries are leading the way. *World Economic Forum – Centre for Energy and Materials*, 13 december 2023.
<https://www.weforum.org/agenda/2023/12/hydrogen-pipelines-countries-fastest/> (hämtad: 2024-02-26)
- SIS (2012), SS-EN50522 *Starkströmsanläggningar med nominell spänning överstigande 1 kV AC - Jordning*. Kan beställas:
<https://www.sis.se/produkter/elektroteknik-24c2329a/elinstallatorer-el/ssen50522/> (hämtad 2024-02-26)
- SIS (2023), *NGSA 2023 Naturgassystemanvisningar*. Handbok. Kan beställas:
<https://www.sis.se/bcker/ngsa-2023.-naturgassystemanvisningar-/> (hämtad: 2024-02-26)
- Statens energimyndighet (2022). *Förslag till Sveriges nationella strategi för vätgas, elektrobränslen och ammoniak*, ER 2021:34.
<https://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2021/forslag-till-nationell-strategi-for-fossilfri-vatgas/> (hämtad 2024-02-26)
- Svensk ordbok, *väte* (2021). <https://svenska.se/so/?id=195164&pz=7> (hämtad 2024-02-13)
- Svk, 2023. Telestörningsnämnden. Tillgängligt:
<https://www.svk.se/aktorsportalen/entreprenorer-i-elnatet/telestorningsnamnden/> (hämtad: 2024-04-26)
- Telestörningsnämnden, 2019. Avstånd mellan högspänningsanläggningar och andra strömförande anläggningar. Meddelande nr 21 utgåva 6 med bilagor. Kan hämtas på Svks hemsida:
<https://www.svk.se/siteassets/aktorsportalen/entreprenorer-i-elnatet/telestorningsnamnden/meddelanden/meddelande-nr-21-utgava-6-med-bilagor.pdf> (hämtad: 2024-04-26)
- U.S. Department of Energy (2024). *Hydrogen Pipelines*.
<https://www.energy.gov/eere/fuelcells/hydrogen-pipelines> (hämtad: 2024-02-14)
- UKOPA (2019). *UKOPA Good Practice Guide – AC Corrosion Guidelines*. UKOPA/GPG/027. <https://www.ukopa.co.uk/wp-content/uploads/2019/11/UKOPA-GPG-027-AC-Corrosion-Oct-19-FOR-UPLOAD-1.1.pdf> (hämtad 2024-02-26)
- Vita huset (2023). *Memorandum of Understanding on the Principles of an India – Middle East – Europe Economic Corridor*. <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2023/09/09/memorandum-of-understanding->

on-the-principles-of-an-india-middle-east-europe-economic-corridor/
(hämtad: 2024-02-26)

Wang, C. Liang, Q. och Freschi, F. (2020). Investigation of factors affecting induced voltages on underground pipelines due to inductive coupling with nearby transmission lines. *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 56, no. 2, pp. 1266-1274, mars/april 2020.
<https://ieeexplore.ieee.org/document/8959137> (hämtad 2024-02-26)

Webster, C. et al (1994). *Powerline ground fault effects on pipelines*. Rapport åt Canadian Electrical Association Research & Development, Montréal.

Bilaga A. Risklista

Risk-ID	Skede	Lägesprincip /Plats /Aktivitet	Risk att...	Orsak...	Konsekvens...	Kommentar	Sannolikhet				Liv och Hälsa	Konsekvens	Avbrottsid	Åtgärder
							Sannolikhet							
1	Drift	Vätgasledning under mark, parallellt med kraftledning	Litet vätgasläckage som antänds	Materialfel (försprödning/korrosion/bristfällig svets)	gasmolnsbrand (ingen ansamling)	Förutsätter kontroller och underhåll kontinuerligt. Invändiga inspektioner vart 8e år		2		2		1		
2	Underhåll	Vätgasledning under mark, parallellt med kraftledning	Stort vätgasläckage som antänds	Markrörelser (fordonsrörelser ex skogsbruksmaskiner)	Jetflamma/gasmolnsexplosion	0,9 meters djup		2		5		5	Avsedda platser för att köra över pipeline, svårt att genomföra denna åtgärd parktiskt. Åtgärd kan istället vara att alltid förlägga djupare oavsett frost	
3	Underhåll	Vätgasledning under mark, parallellt med kraftledning	Stort vätgasläckage som antänds	Markrörelser (fordonsrörelser ex tunga skogsbruksmaskiner)	Jetflamma/gasmolnsexplosion	2,5 meters djup - frostfritt		1		5		5	Information och kommunikation med markägare	
4	Drift	Vätgasledning under mark, parallellt med kraftledning	Stort vätgasläckage som antänds	Markrörelser (sättningar, ras och skred, tjäle)	Jetflamma/gasmolnsexplosion			2		5		5	Undvik områden med större sannolikhet för rask/skred. Ska vara frostfritt djup för att reducera risk för tjäle	
5	Drift	Vätgasledning under mark, parallellt med kraftledning	Stolpe faller och orsakar skada på rörledning	Pipeline placeras nära stolpar och faller pga vind, korrosion etc	Vätgasläckage och/eller underhåll av pipeline som kräver avbrott på kraftledning	Stolpe faller cirka vart 10 år i Sverige, osannolikt att det träffar och tar sig ner djupt i marken		1		4		4	Alternativ en stolplängds avstånd till pipeline	
6	Drift	Vätgasledning under mark, vid korsning med kraftledning	Stolpe faller och orsakar skada på rörledning	Pipeline placeras nära stolpar och faller pga vind, korrosion etc	Vätgasläckage och/eller underhåll av pipeline som kräver avbrott på kraftledning	Lägre sannolikhet än för parallellgående - färre stolpar		1		4		4	Ta hänsyn till stolpar i planering av rutt för pipeline. Samplanering i designstadie. Utgå ifrån befintliga standarder för korsningar	
7	Drift	Vätgasledning under mark, parallellt med kraftledning	Spänningssättande ström i kraftledning orsakar potentialskillnad	Åsknedslag mm.	Elrisker			4		3		0		
8	Drift	Vätgasledning under mark, parallellt med kraftledning	Person kommer i kontakt med ledande material	Påverkan mellan pipeline och kraftledningens jordning	Elrisker - steg och beröringsspänning			3		3		1	Undersökningar av katodiskt skydd Jordfelskontroller	
9	Drift	Vätgasledning under mark, parallellt med kraftledning	Accelererad korrosion på kraftledningsstolpar till följd av pipelines närhet	Bristfällig katodiskt korrosionskydd på pipeline	Stolparnas bärförmåga påverkas	Berör främst stolpar som har stål med direktkontakt med mark		2		0		4	Kontroller av ytbeläggning som upptäcker om stor strömtäthet	
10	Underhåll	Vätgasledning under mark, parallellt med kraftledning	Person kommer i kontakt med ledande material	By-pass utan isolerande coating	Elrisker - steg och beröringsspänning			5		3		1	Personlig skyddsutrustning, potentialutjämning, avskärmning, behörig personal	
11	Drift	Vätgasledning under mark, parallellt med kraftledning	Korrosionsskydd på pipeline respektive kraftlednings-stolpar/fundament påverkar varandra			Oklar påverkan i nuläget, värt att undersöka vidare i annat forum. Ingen skattning av risk görs							Möjligt att göra beräkningar/utredningar av detta för enskilda fall i senare skeden	
12	Drift	Vätgasledning under mark, parallellt med kraftledning	Gnistbildning från stolpar/stag med glödande gnistgap.	Åska och bristfälligt gnistgap	Brand i vegetation Antändning av oupptäckt vätgasläckage	Finns andra antändningskällor också. Bra att denna identifierats som en antändningskälla. Ingen skattning av risk görs								
13	Underhåll	Vätgasledning under mark, parallellt med kraftledning	Gnistbildning vid röjning av området vid oupptäckt vätgasläckage	Se risker "Litet/Stort vätgasläckage som antänds"	Se risker "Litet/Stort vätgasläckage som antänds"	Finns andra antändningskällor också. Bra att denna identifierats som en antändningskälla. Ingen skattning av risk görs								
14	Drift	Vätgasledning under mark, parallellt med kraftledning	Vätgasläckage	Extern brand till följd av gnistor från kraftledning vid normal drift orsakar skogsbrand eller brand i torv		Finns andra antändningskällor för brand i vegetation. Ingen skattning av risk görs								
15	Drift	Vätgasledning under mark, parallellt med kraftledning	Stort vätgasläckage som antänds	Extern brand skogsbrand eller brand i torv/mark	Se risker "Stort vätgasläckage som antänds"	Extern brand utgör en antändningskälla, finns andra tändkällor också. Troligen innebär en stor extern brand konsekvenser för kraftledningssystemet och personer även utan närvaro av vätgasledning. Ingen skattning av risk görs								

16	Drift	Vätgasledning under mark, parallellt med kraftledning	Stort vätgasläckage som antänds	Extern brand (skogsbrand eller brand i torv) orsakar skador på pipeline och läckage	Jetflamma/explosion som kan ge värre konsekvenser än bara extern brand utan vätgaspipeline	Personer är troligen inte närvarande vid skogsbrand, skogsbrand behöver pågå längre tid för att eventuellt kunna påverka rörledning i mark (beroende på förläggningsdjupet)	1	5	5	Större förläggningsdjup
17	Underhåll	Vätgasledning under mark, parallellt med kraftledning	Induktionskretsens längd blir för stor	Fallerande isolerkopplingar på pipeline	Personal utsätts för elrisker		3	3	2	Larm för isolerkoppling
18	Underhåll	Vätgasledning under mark, parallellt med kraftledning	Stort vätgasläckage som antänds	Grävningsarbete för kontroll av pipeline (kontinuerligt underhållsarbete)	Jetflamma/gasmolnsexplosion		2	5	5	Samordning, behörig personal, godkända procedurer för underhåll
19	Underhåll	Vätgasledning under mark, parallellt med kraftledning	Induktionsrisk vid underhåll	Underhåll av pipeline vid mindre vätgasläckage	Elrisker Kraftledning behöver tas ur drift för att reducera induktionsrisk	Inkluderas i riskID 66 (medvetet avbrott av säkerhetsskäl)				
20	Underhåll	Vätgasledning under mark, parallellt med kraftledning	Felaktiga bedömningar eller funktioner vid underhållsarbete	Utrustning utsätts för EFM	Personal utsätts för elrisker		2	3	1	
21	Underhåll	Vätgasledning under mark, parallellt med kraftledning	Pipeline tar emot strömmar från kraftledningen och påverkar mätning av steg och beröringsspänningar	Brister i pipelinens coating	Personal utsätts för elrisker Andra närliggande verksamheter kan utsättas för elrisker		2	3	2	
22	Drift	Vätgasledning under mark, parallellt med kraftledning	Mindre vätgasläckage som antänds	Åsknedslag går inte genom kraftledningens följelina och orsakar felström in i pipeline	gasmolnsbrand (ingen ansamling)		4	2	1	Samordning - informationsutbyte vid drift. Vid åsknedslag behöver båda informeras, kan finnas oupptäckta läckage
23	Drift	Vätgasledning under mark, parallellt med kraftledning	Kraftledning behöver tas ur drift av säkerhetsskäl vid litet vätgasläckage (ej antänt)	Se vätgasläckage	Avbrottstid av säkerhetsskäl	Behov av by-pass ledning till följd av diverse fel på pipeline	4	0	0	
24	Drift	Vätgasledning under mark, parallellt med kraftledning	Kraftledning behöver tas ur drift av säkerhetsskäl vid stort vätgasläckage (ej antänt)	Se vätgasläckage	Avbrottstid av säkerhetsskäl		2	0	3	
25	Drift	Vätgasledning under mark, parallellt med kraftledning	Stort vätgasläckage som antänds	Markundersökning för stolparbete skadar pipeline	Jetflamma/gasmolnsexplosion		2	5	5	Rätt kompetens ska säkerställas
26	Underhåll	Vätgasledning under mark, parallellt med kraftledning	Vätgasläckage som antänds	Markundersökning vid vätgasficka	Jetflamma/gasmolnsexplosion		2	4	4	Undersöka möjlighet till detektionsutrustning och gasfrihetsförklaring
27	Drift	Vätgasledning under mark, parallellt med kraftledning	Vätgasfickor bildas	Säsongsberoende, tjäle eller lerjord kan utgöra lock och skapa fickor	Gasmolnsbrand/explosion	Oklart hur vätgasfickor betar sig i nuläget. Finns pågående forskningsarbete inom ämnet.	2	4	2	Undersöka möjlighet till detektionsutrustning och gasfrihetsförklaring
28	Drift	Vätgasledning under mark, parallellt med kraftledning	Kraftledningsfundament- (betong)-skadas	Mindre vätgasläckage lång tid under mark		Begränsade korrosionsegenskaper med aktuella förutsättningar. Ej aktuellt.				
29	Underhåll	Hus för linjeventiler	Personal behöver vistas i hus för linjeventiler, som kan ha potentialsskillnad	Potentialskillnader	El-chock på personal	Ej relevant eftersom hus för linjeventiler inte ligger i direkt anslutning till kraftledningar och ingår inte i detta scope				
30	Drift	Vätgasledning under mark, parallellt med kraftledning	Begränsad möjlighet till underhåll av kraftledning med tunga fordon	Maxvikt ovanför pipeline	Bristfälligt underhåll - avbrott		3	0	2	Större förläggningsdjup, Samordning
31	Drift	Vätgasledning under mark, parallellt med kraftledning	Begränsad möjlighet till underhåll av kraftledning med helikopter	Helikopter utgör tändkälla	Bristfälligt underhåll – avbrott	Beror på hur stort gasmoln vi kan förvänta oss vid punkter för kallfackling. Kallfackling sker inte i kraftledningsgator, bedöms inte aktuellt				
32	Underhåll	Vätgasledning under mark, parallellt med kraftledning	Stort vätgasläckage som antänds	Grävarbete och gnistor	Stort vätgasutsläpp antänds som jetflamma Påverkar kraftledningsstolpe Påverkar personal i närheten	Burn-back fenomen kan uppstå med pulserande jetflamma - MR	2	4	5	
33	Underhåll	Vätgasledning under mark, parallellt med kraftledning	Stort vätgasläckage som antänds	Grävarbete och gnistor	Stort vätgasutsläpp antänds som gasmolnsexplosion och orsakar detonation Påverkar kraftledningsstolpar Påverkar personal		1	5	5	
34	Underhåll	Vätgasledning under mark, parallellt med kraftledning	Litet vätgasläckage som antänds	Prospekteringsarbete i närhet av kraftledning skadar pipeline	gasmolnsbrand (ingen ansamling)		2	2	1	Undersöka möjlighet till detektionsutrustning och gasfrihetsförklaring Samordning, Följa praxis
35	Underhåll	Vätgasledning under mark, parallellt med kraftledning	Stort vätgasläckage som antänds	Prospekteringsarbete i närhet av kraftledning skadar pipeline	Jetflamma/gasmolnsexplosion		1	5	5	Undersöka möjlighet till detektionsutrustning och gasfrihetsförklaring Samordning, Följa praxis

36	Underhåll	Vätgasledning under mark, parallellt med kraftledning	Elrisker via upplag (staplat material)	Det staplas material under kraftledning vid underhåll/repurationsarbete av pipeline	Personal utsätts för elrisker		3	3	1	Behörig personal, samordning, rutiner och instruktioner
37	Drift	Vätgasledning under mark, parallellt med kraftledning	Ingen jordlina	Jordlina stjäls av tredje part (koppar)	Högre potentialskillnad - kan innebära elrisker för underhållspersonal. Kan även skada pipeline - utgör en av flera möjliga orsaker till skada på pipeline.	Konsekvensen för kraftledningens leverans inte skattats eftersom denna konsekvens inte förändras till följd av parellelgående pipeline	4	3		
38	Underhåll	Vätgasledning under mark, parallellt med kraftledning	Litet vätgasläckage som antänds	Det staplas material ovanpå pipeline vid underhåll/repurationsarbete vilket påfrestar pipeline	gasmolnsbrand (ingen ansamling)		3	2	1	Behörig personal, samordning, rutiner och instruktioner
39	Underhåll	Vätgasledning under mark, parallellt med kraftledning	Stort vätgasläckage som antänds	Det staplas material ovanpå pipeline vid underhåll/repurationsarbete vilket påfrestar pipeline	Jetflamma/gasmolnsexplosion		2	5	5	Behörig personal, samordning, rutiner och instruktioner
40	Underhåll	Vätgasledning under mark, parallellt med kraftledning	Felaktiga bedömningar av ström i kraftledning av pipeline-underhållspersonal	Mätning vid en tidpunkt istället för att dimensionera avstånd efter värsta fall (dynamiskt)	Pipeline-underhållspersonal utsätts för elrisker		4	3	1	Utbildning, kunskap och rätt rutiner
41	Driftsättning	Vätgasledning under mark, parallellt med kraftledning	Vätgasläckage som antänds		Jetflamma/gasmolnsexplosion	Förutsättning inför driftsättning: många procedurer innan vätgasens släpps på. commissioning driftsättningskontroll, avtestning, test på svetsar, trycktestning etc	1	5	5	
42	Byggnation	Maskinarbeten	Elektriska risker	Oupptäckta felaktigheter i byggskedet Maskiner i närhet av kraftledningar Islaster Tidspress (mänskligt fel)	Personal utsätts för elektriska risker	ESA - 6 m sidled 5 m höjdled annars särskilda krav på arbetet	4	4	2	
43	Byggnation	Maskinarbeten	Fysisk åverkan på kraftledningar	Maskinarbeten samt bristande rutiner och kommunikation (mänskligt fel)	Kraftledning skadas eller går av Personal utsätts för elektriska risker	ESA - 6 m sidled 5 m höjdled annars särskilda krav på arbetet	3	4	4	
44	Byggnation	Trafik	Tung trafik (lastbilar) under kraftledningar har inte tillräcklig avstånd	Förare saknar utbildning	Personal utsätts för elektriska risker	Delmängd av riskID 42				Utbildning/kunskap och dirigerig av fordon
45	Byggnation	Trafik	Tung trafik (lastbilar) under kraftledningar kör in i kraftledning/stolpe	Förare saknar utbildning	Kraftledning skadas eller går av Personal utsätts för elektriska risker		2	4	4	Utbildning/kunskap och dirigerig av fordon
46	Byggnation	Schaktning	Kraftledningarnas fundament rubbas vid schaktning	Schakt för nära fundament	Stolpras		1	1	4	Hydrologiska och geologiska undersökningar inför projektering av schaktning vid fundament
47	Byggnation	Schaktning	Kraftledningarnas staginfästning påverkas vid schaktning	Schakt för nära fundament	Bärförmåga försämras, behöver inte visas direkt		3	3	5	Hydrologiska och geologiska undersökningar inför projektering av schaktning vid fundament
48	Byggnation	Schaktning	Kraftledningarnas fundament påverkas	Otillräcklig återfyllning av jord ovanpå betongfundament	Bärförmåga försämras, behöver inte visas direkt		2	1	2	
49	Byggnation	Schaktning	Sättningar	Grundvattennivå påverkas av schaktning	Bärförmåga försämras, behöver inte visas direkt		1	1	4	Hydrologiska och geologiska undersökningar inför projektering av schaktning vid fundament
50	Byggnation	Svetsarbeten	Felström i kraftledning leds till svetsutrustning (potentialskillnad)	Svetsarbeten i samband med åska och/eller fasfel	Elektriska risker för personal		2	4	2	Utför inte svetsarbeten i samband med åska (fasfel sker oftast vid åska)
51	Byggnation	Sprängingsarbeten	Induktion	Spräningsarbeten	Elektriska risker för byggpersnal	Ej aktuellt				
52	Byggnation	Sprängingsarbeten	Influens (kapacitiv koppling) av potentialskillnad som kan orsaka en oönskad sprängning	Spräningsarbeten	Oväntad tryckverkan och splitter		4	5	3	Särskild teknik för spräningsarbeten ska användas
53	Byggnation	Sprängingsarbeten	Påverkar markförhållanden (sättningar)	Spräningsarbeten	Påverkar bärförmåga på fundament och stolpar		1	1	4	Särskild teknik för spräningsarbeten ska användas
54	Byggnation	Sprängingsarbeten	Påverkar jordningsledningen för kraftledningen (ändrad markresistans)	Spräningsarbeten	Elektriska risker för personal		2	1	2	Särskild teknik för spräningsarbeten ska användas
55	Byggnation	Sprängingsarbeten	Vibrationer påverkar jorden (porositeten)	Spräningsarbeten	Bärförmåga på fundament och stolpar påverkas		1	1	4	Särskild teknik för spräningsarbeten ska användas
56	Byggnation	Sprängingsarbeten	Kaststycken	Spräningsarbeten med bristfällig täckning	Skador på kraftledning	Skador på byggpersnal ej relevant map syftet	3	0	4	Rutin och kontroll av täckning
57	Byggnation	Borring	Induktion	Borring under sjö/vattendrag/väg	Elektriska risker för personal		3	3	1	
58	Byggnation	Borring	Fundament skadas	Horisontell borrning i närhet av fundament	Skador på fundament		1	0	5	

59	Byggnation	Grävningsarbeten	Stamnätets jordlina i marken påverkas av grävarbeten för pipeline	Jordlinan löper inte rakt och kan vara svår att kartlägga	Elektriska risker för personal	El-installationsarbete krävs för återställning	5	1	0	Säkerställ stand-by elinstallatör
60	Byggnation	Vätgasledning anläggs parallellt med kraftledning	Begränsat utrymme för pipelinearbete och på "fel sida" av kraftledning	omgivningens förutsättningar (vattendrag, nivåskillnader, förlämnningar etc)	Förhöjd risk för diverse risker	Inkluderat i bedömning för övriga scenarier att skyddsavstånd kan vara begränsat				Särskilda riskutredningar ska genomföras vid försvårade förhållanden
61	Byggnation	Arbete med icke isolerat stål	Kapacitiv koppling	Arbete med icke isolerat stål - pipeline väntar på installation (i anslutning till samt i dike)	Elektriska risker för personal samt tredje man om fel jordat		5	3	1	Analysera och vid behov begränsa längder/sektion Korrekt jordning och potentialutjämning Stängsel runt öppet dike
62	Byggnation	Arbete med icke isolerat stål	Induktionsrisk	Arbete med icke isolerat stål - pipeline väntar på installation (i anslutning till samt i dike)	Personal utsätts för elektriska risker, berörinsspänning (potentialskillnad)		5	3	1	Analysera och vid behov begränsa längder/sektion Korrekt jordning och potentialutjämning Stängsel runt öppet dike
63	Underhåll	Vätgasledning under mark, parallellt med kraftledning	Induktionsrisk	Reparations- /underhållsarbete med icke isolerat stål - pipeline	Personal utsätts för elektriska risker, berörinsspänning (potentialskillnad)	Staket ska finnas	5	3	1	Analysera och vid behov begränsa längder/sektion Korrekt jordning och potentialutjämning
64	Drift	Vätgasledning under mark, parallellt med kraftledning	Beröringsspänning (potentialskillnad)	Felström från kraftledning	Personal utsätts för elektriska risker		3	3	1	Korrekt jordning och potentialutjämning
65	Byggnation	Planering	Avbrott på kraftledningen behövs av säkerhetsskäl (ESA)	Arbetsuppgifter vid byggnation av pipeline som medför så stora risker att detta beslut behöver tas		Vilka avbrottstider krävs och vilka ledtider för kommunikation behövs för dessa avbrottstider? Finns sådana arbeten? Får utredas vidare i detalj annat forum. Primärt ses inga sådana aktiviteter i nuläget men behövs följas upp med mer detaljerad beskrivning av hur byggnationsprocedurer ser ut för att förfina riskanalysen				
66	Underhåll	Vätgasledning under mark, parallellt med kraftledning	Avbrott på kraftledningen behövs av säkerhetsskäl (ESA)	Arbetsuppgifter för underhåll av pipeline medför stora risker		Vilka avbrottstider krävs och vilka ledtider för kommunikation behövs för dessa avbrottstider? Finns sådana underhållsarbeten? By-pass kan kräva avbrott pga säkerhetsskäl. Får utredas vidare och behöver samordnas i detalj. Behövs följas upp med mer detaljerad beskrivning av hur underhållssprocedurer ser ut för att förfina riskanalysen				
67	Byggnation	Vätgasledning anläggs parallellt med kraftledning	Pipeline-personal byggnation som utför arbeten med elektriska risker har inte tillräcklig el-kunskap	Otillräcklig kompetens och utbildning	Personal utsätts för elektriska risker	Finns särskilda utbildningar	5	3	0	Säkerställ att entreprenörer och annan personal ska gå rätt utbildningar innan arbete alternativt ledsagare
68	Underhåll	Vätgasledning under mark, parallellt med kraftledning	Pipeline-underhållspersonal som utför arbeten som ansluter till elektriska risker	Otillräcklig kompetens / utbildning	Personal utsätts för elektriska risker		3	3	1	Behörig personal, rutiner och instruktioner
69	Drift	Vätgasledning under mark, parallellt med kraftledning	Ändrade förhållanden i strömmens vägar vid felström genom marken	Pipeline förändrar markförhållanden	Elektriska risker för personal och tredje part, exempelvis närboende		3	3	0	SoB-mätning (spänning och beröring) innan byggnation påbörjas och efter pipeline satts i marken samt genomför tillämpliga åtgärder vid förändringar i resultat
70	Driftsättning		Ändrade förhållanden i strömmens vägar vid felström genom marken	Pipeline förändrar markförhållanden	Elektriska risker för personal och tredje part	Främst långsiktig påverkan, se skede drift med motsvarande risk ovan. Ingen skattnig av risk görs för driftsättning				
71	Driftsättning	Provtryckning	Vattenstråle vid provtryckning med vatten träffar kraftledning	Materialfel	Överslag, ström genom vatten som kan orsaka elrisker för personal med beröringskontakt med vatten/pipeline		1	3	0	Håll området fritt från personer vid testning
72	Drift	Vätgasledning under mark, parallellt med kraftledning	Litet vätgasläckage som antänds	Jordfel på kraftledning som skadar pipeline	Jetflamma/gasmolnsexplosion		3	2	1	
73	Drift	Vätgasledning under mark, parallellt med kraftledning	Stort vätgasläckage som antänds	Jordfel på kraftledning som skadar pipeline	Jetflamma/gasmolnsexplosion		1	5	5	
74	Drift	Vätgasledning under mark, parallellt med kraftledning	Stort vätgasläckage som antänds	Ändrade markförhållanden till följd av extremväder - skyfall orsakar skador på pipeline	Jetflamma/gasmolnsexplosion		2	5	5	Klimatanpassningsplan

75	Drift	Vätgasledning under mark, parallellt med kraftledning	Skador på tredje person		Jetflamma/gasmolnsexplosion med konsekvenser för tredje man	Konsekvens för kraftledningen har inte bedömts under denna risk, hanteras under andra risker	1	5		
76	Drift	Vätgasledning under mark, parallellt med kraftledning	Personal utsätts för beröringsspänning från stolpe	Vätgasläckage antänds	Jordfel från kraftledning till pipeline som leds vidare till stolpe längre bort och orsakar potentialskillnad	Elektriska risker	2	3	1	Simuleringar kan genomföras för att undersöka vad olika fel kan leda till för påverkan
77	Drift	Vätgasledning under mark, parallellt med kraftledning	Stort vätgasläckage som antänds		Antagonistiska hot/handlingar	Jetflamma/gasmolnsexplosion	2	4	5	Bevakning, samordning med myndigheter
78	Avveckling					Generellt motsvarande risker som byggnation Innebär förmodligen att vi också bygger något samtidigt och innebär troligen fler risker till följd av byggnation och avveckling samtidigt som behöver analyseras i annat sammanhang				
79	Byggnation	Vätgasledning anläggs parallellt med kraftledning	Tappad stor last	Lyftarbeten	Skadar konstruktion av stolpar och stag Personskador fysisk åverkan		4	4	3	Rutiner och instruktioner, arbetsplanering
80	Byggnation	Vätgasledning anläggs parallellt med kraftledning	Träd faller och skadar kraftledning		Trädfällning in mot kraftledningen vid förberedelse för byggnation av pipeline	Avbrott Jordfel kan skada personal	2	2	1	
81	Drift	Vätgasledning under mark, parallellt med kraftledning	Vätgasläckage som antänds		Följd av återkommande tjäle (fatiguebrott)	gasmolnsbrand (ingen ansamling)	2	2	1	Större förläggningsdjup
82	Byggnation	Vätgasledning anläggs parallellt med kraftledning	Påverkar svetsarbetet på vätgasledningen		Induktion från kraftledning	Brister i svetskvalitén	1	0	0	Rutiner
83	Drift	Vätgasledning under mark, parallellt med kraftledning	Släckningsarbete påverkas/begränsas/hindras vid antänt vätgasläckage		Räddningstjänst har svårigheter att släcka pga. kraftledningarnas närhet	Elektriska risker Personskador	2	4	2	

Bilaga B: Deltagarlista, begränsat med namn med anledning av GDPR

Namn	Deltagare i riskworkshop: Roll/Huvudsaklig expertis	Representerat organisation	2024-01-31 WS dag 1	2024-02-01 WS dag 2	2024-02-12 kompletterande Teamsmöte
Markus Glenting	Moderator/Olycksrisk vätgas, rapportförfattare	Sweco	1	1	0
Oskar Zubac	Moderator/Olycksrisk vätgas, rapportförfattare	Sweco	1	1	1
----	Induktion	Sweco	input inför WS	0	0
----	Vätgassystem	Sweco	0	teams	0
Sara Hugestam	Organisatör/Energisystem, vätgas, rapportförfattare	Energiforsk	1	1	1
Bertil Wahlund	Organisatör/Kraftvärme, vätgas, vattenkraft, rapportförfattare	Energiforsk	1	1	del av möte
Marcus Runefors	Universitetslektor, forskare, brandteknik, rapportförfattare	LTH	1	0	0
----	Teknisk specialist, vätgas	Nordion	1	1	1
----	Branschnormer gas	Energigas Sverige	1	1	1
----	Projektledning byggnation av kraftledning	Svk	1	1 fm	0
----	Teknisk specialist, jordning, elkraft	Svk	1	1	1
Marc Thevenot	Uppdragsgivare, tekniskt stöd, utredare	Svk	1	1	input inför möte
----	Teknisk specialist, fundament, stål och betong	Svk	1	1	1
----	Skoglig specialist	Svk	input inför WS	0	0
----	Projektledare skogligt underhåll	Svk	0	Input inför WS	0
----	Projektledning vätgasprojekt	LKAB	1	1	1
----	Totalförsvar person 1	Svk	teams	teams	1
----	Totalförsvar person 2	Svk	0	teams	0
----	Juridik	Svk	teams	teams	0
----	Elsäkerhet, arbetsmiljö	Svk	0	1	1
----	Tillgångsförvaltning, naturgasnät	Nordion	1	1	1
----	Elingenjör, högspänningsrisker	Vattenfall	1	teams	0
----	Kraftsystemspecialist, totalförsvar	Svk	1	0	1
----	Geoteknik	Svk	input inför WS	0	1
----	Gasledningar, internationella standarder	Vattenfall	0	0	input inför möte

GROVRISKANALYS AV TEKNISKA RISKER VID SAMFÖRLÄGGNING

Särskilt uppdrag för Affärsverket svenska kraftnät som kvalitativt identifierade tekniska risker vid samförläggning av parallellgående vätgasledningar med kraftledningar samt sammanställde referensmaterial i frågan som kan användas för vidare studier.

De riskscenarier som har skattats till störst konsekvenser på valda skyddsparametrar är där det sker ett stort vätgasläckage från vätgasrörledningen som antänds och det bildas en stor jetflamma eller explosion. Flertalet orsaker till ett sådant läckage har identifierats, bland annat markrörelser, antagonistiska handlingar och jordfel. Utöver detta utgörs de flesta identifierade riskscenarier av elektriska risker som uppkommer vid byggnation/underhåll eller potentialskillnader på grund av samförläggningen, eller risker förknippade med att etableringen av vätgasrörledning innebär förändrade markförhållanden. Sammantaget finns det egenskaper hos vätgas som både höjer och sänker risken i samband med samförläggning med kraftledningar jämfört med metangasledningar. Om detta sammantaget gör att nödvändigt avstånd är kortare eller längre är inte känt idag, utan mer kunskap behövs.

Ett nytt steg i energiforskningen

Energiforsk är en forsknings- och kunskapsorganisation som samlar stora delar av svensk forskning och utveckling om energi. Målet är att öka effektivitet och nyttiggörande av resultat inför framtida utmaningar inom energiområdet. Vi verkar inom ett antal forskningsområden, och tar fram kunskap om resurseffektiv energi i ett helhetsperspektiv – från källan, via omvandling och överföring till användning av energin. www.energiforsk.se