



Asiakas: Nordic Ren-Gas Oy

Projekti: Ren-Gas seurausmallinnukset

Projektinumero: 101020905-001

Seurausanalyysiraportti

Yhteyshenkilö
Ville Ukkonen
Puhelin
+358 50 911 22 89
Matkapuhelin
358 50 911 22 89
Sähköposti
ville.ukkonen@afry.com

Pvm.
10/05/2023
Projektiviite
101020905-001

Raportin numero
101020905-K0001
Asiakas
Nordic Ren-Gas

Seurausanalyysi Ren-Gasin Lahden Power-to-Gas - laitokselle

Sisältö

1	Johdanto	5
2	Seurausanalyysin kuvaus	6
2.1	Kohde	6
2.2	Seurausanalyysin tapahtumat	8
2.2.1	Vetyräjähdys elektrolyyserihallissa	8
2.2.2	Vetyräjähdys kompressoreilla	8
2.2.3	Vetyräjähdys vetyvarastossa	8
3	Vaarojen luokittelu	9
3.1	Lämpösäteily	9
3.2	Räjähdysten ylipaineaalto	10
3.3	Vaikutukset tieliikenteeseen	10
3.4	Vaikutukset ympäristöön	11
3.5	Vaikutukset pohjaveteen	11
3.6	Dominovaikutukset	11
3.7	Ilmasto-olosuhteet	12
4	Seurausten analysointi	13
4.1	Mallintamiseen käytetty ohjelma	13
5	Tulokset	14
5.1	Vetyräjähdys elektrolyysereillä	14
5.2	Vetyräjähdys kompressoreilla	16
5.3	Vuoto vetyvarastossa	18
6	Yhteenveto	20

Liitteet

Liite 1. Mallinnustulokset kartalla

Kuvat ja taulukot

Kuva 1. Tarkasteltavan Power-to-Gas-tuotantolaitoksen layout.....	6
Kuva 2. Alueen tuuliruusu.	12
Kuva 3. Elektrolyysieritilan vetyräjähdysen ylipaineaallon vaaraetäisyydet kartalla. Punainen ympyrä kuvaa 15 kPa ylipaineen vaaraetäisyyttä, ja sininen ympyrä kuvaa 5 kPa ylipaineen vaaraetäisyyttä. Etäisyydet ovat havainnollistettu rakennusten välisen tilan keskiosasta.....	15
Kuva 4. Kompressorin vetyräjähdysen ylipaineaallon vaaraetäisyydet kartalla. Punainen ympyrä kuvaa 15 kPa ylipaineen vaaraetäisyyttä, ja sininen ympyrä kuvaa 5 kPa ylipaineen vaaraetäisyyttä. Etäisyydet ovat havainnollistettu rakennusten välisen tilan keskiosasta...	17
Kuva 5. Vetyvaraston räjähdysen ylipaineaallon vaaraetäisyydet kartalla. Punainen ympyrä kuvaa 15 kPa ylipaineen vaaraetäisyyttä, ja sininen ympyrä kuvaa 5 kPa ylipaineen vaaraetäisyyttä. Etäisyydet ovat havainnollistettu varaston keskiosasta.	19
Taulukko 1. Vedyn ja metaanin aineominaisuudet.....	7
Taulukko 2. Lämpösäteilyvaikutukset ja seuraukset.	9
Taulukko 3. Ylipainevaikutukset ja seuraukset.....	10
Taulukko 4. Tieliikenteeseen nähden sovellettavat lämpösäteilyn ja paineen enimmäismäärät uuden laitoksen sijoittamista arvioitaessa ²	11
Taulukko 5. Elektrolyysereiden kokoojaputken vetyvuodon aiheuttaman räjähdysen ylipaineaallon vaaraetäisyydet.	14
Taulukko 6. Kompressorin vetyvuodon aiheuttaman räjähdysen ylipaineaallon vaaraetäisyydet.....	16
Taulukko 7. Vetyvaraston vetyvuodon aiheuttaman räjähdysen ylipaineaallon vaaraetäisyydet.....	18

Raporttihistoria

Rev.	Pvm/Laatiija	Pvm/Tarkastaja	Pvm/Hyväksyjä	Pvm/Julkaistu	Huomiot
Orig.	09/05/2023/ V. Ukkonen	09/05/2023/ J. Myllyperkiö	09/05/2023/ O. Tuovinen	10/05/2023/ V. Ukkonen	

Copyright © AFRY Finland Oy

AFRY Finland Oy ("AFRY") pidättää kaikki oikeudet tähän raporttiin. Raportti on luottamuksellinen ja laadittu yksinomaan Nordic Ren-Gas Oy:n ("Asiakas") käyttöön. Raportin käyttö muiden kuin Asiakkaan toimesta ja muuhun kuin Asiakkaan ja AFRYn välisessä sopimuksessa tarkoitettuun tarkoitukseen on sallittu ainoastaan AFRYn etukäteen antaman kirjallisen suostumuksen perusteella. Raportti on laadittu noudattaen AFRYn ja Asiakkaan välisen sopimuksen ehtoja. AFRYn tähän raporttiin liittyvä tai siihen perustuva vastuu määräytyy yksinomaan kyseisten sopimusehtojen mukaisesti.

AFRY ei vastaa kolmannelle osapuolelle tämän raportin käyttämisen tai siihen luottamisen perusteella aiheutuneesta haitasta taikka mistään välittömästä tai välillisestä vahingosta.

1 Johdanto

Tämän seurausanalyysin kohteena on Ren-Gas Oy:n Lahteen suunnitteilla oleva Power-To-Gas tuotantolaitos, jossa tuotetaan uusiutuvaa synteettistä metaania, vetyä ja hukkalämmöstä tuotettua kaukolämpöä.

Seurausanalyysin onnettomuustapahtumiksi valittiin seuraavat skenaariot:

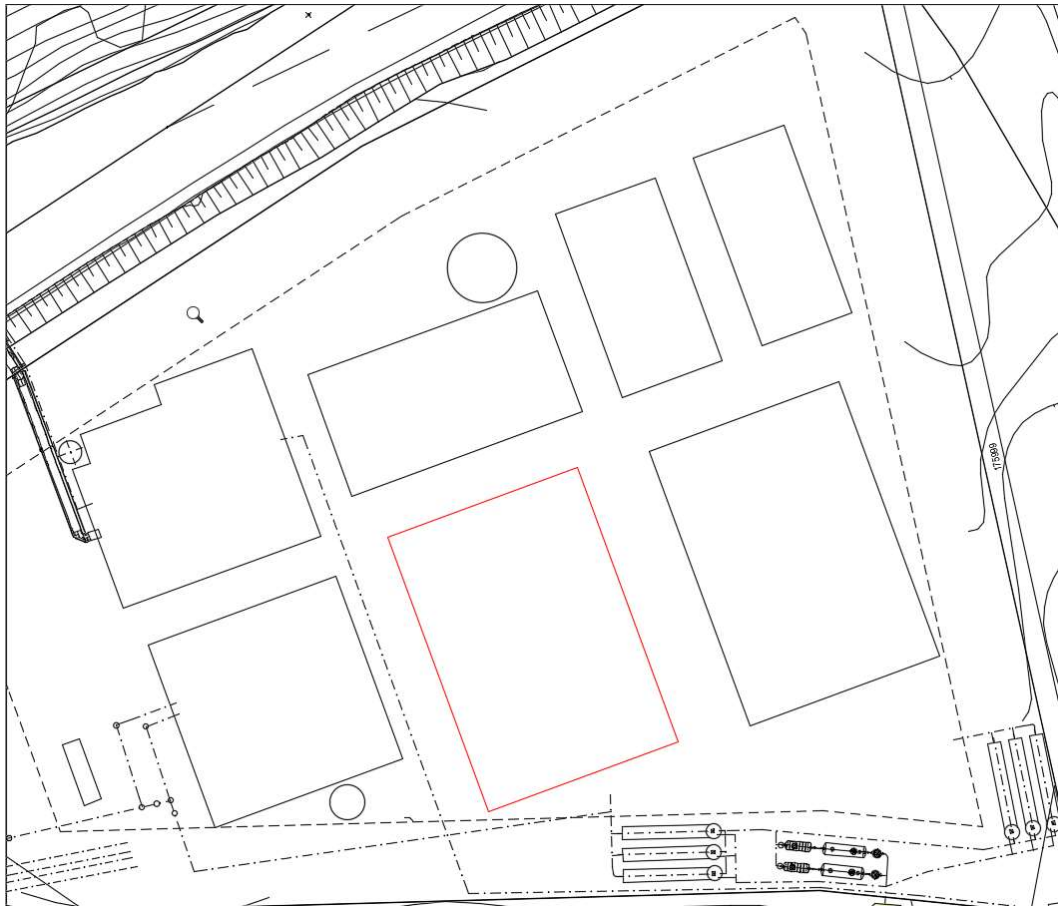
- Elektrolyyseritilan vetyvuodosta johtuva räjähdys
- Kompressoritilan vetyvuodosta johtuva räjähdys
- Vetyvaraston vetyvuodosta johtuva räjähdys

Kemikaaliturvallisuusasetus 856/2012 velvoittaa toiminnanharjoittajaa määrittämään vaarallisten kemikaalien onnettomuuksista mahdollisesti aiheutuvat lämpösäteily-, paine- ja terveysvaikutukset ympäristöön.

2 Seurausanalyysin kuvaus

2.1 Kohde

Suunnitteilla oleva Power-to-Gas -laitos tulee sijaitsemaan Lahdessa. Kuva 1 esittää tuotantolaitoksen layoutin. Tarkasteltava rakennus on kuvattu punaisella värillä layoutissa.



Kuva 1. Tarkasteltavan Power-to-Gas-tuotantolaitoksen layout. Tarkasteltava rakennus on kuvattu punaisella värillä layoutissa.

Tarkasteltava kemikaali laitoksella ovat vety, jonka aineominaisuudet ovat esitelty alla (Taulukko 1).

Taulukko 1. Vedyn aineominaisuudet.

Nimi	Vety ¹
CAS-numero	1333-74-0
Molekyylikaava	H ₂
Varoitusmerkit ²	 
Vaaralausekkeet	H220: Erittäin helposti syttyvä kaasu
Kiehumispiste	-253 °C
Leimahduspiste	(kaasu)
Itsesyttymislämpötila	560 °C
Syttymisrajat	4-75,6 %
Hajukynnys	hajuton

Vety on hajuton ja väritön ilmaa kevyempi kaasu, joka syttyy erittäin helposti. Vedyn käyttökohteisiin kuuluvat muun muassa ammoniakkisynteesi, suolahapon ja vetyperoksidin valmistus, orgaaniset synteetit. Halogeenien ja useimpien halogeeniyhdisteiden kanssa vety reagoi kiivaasti.

Vuotava vety kerääntyy vuotokohdan yläpuolisiin rakenteisiin, toisaalta vety pääsee pakenemaan suhteellisen pienistä aukoista. Suuret vetypäästöt voivat muodostaa pilven, jonka keskellä on suurempi vetypitoisuus kuin pilven reunoilla. Matalamman pitoisuuden alueet vedyn ja ilman seoksissa vaativat suuremman sytytysenergian verrattuna pilven keskellä olevaan kaasuseokseen, jonka vetypitoisuus on suurempi. Sytytysenergiaan vaikuttaa myös liike ja vesihöyryn määrä.

¹ OVA-ohje: <https://www.ttl.fi/ova/vety>

² Kemikaalien varoitusmerkit, Tukes. <https://tukes.fi/kemikaalit/clp-luokitus-merkinnat-ja-pakkaaminen/kemikaalien-merkinnat/varoitusmerkit>

2.2 Seurausanalyysin tapahtumat

2.2.1 Vetyräjähdys elektrolyyserihallissa

Mallinnettavana seurauksena on vetyräjähdys elektrolyysereiden yhteisessä tilassa. Skenaariossa elektrolyysereiden kokoojaputken laippaliitoksesta tilaan vuotaa 10 sekunnin ajan vetyä. Turva-automaation oletetaan rajoittavan vuodon keston 10 sekuntiin. Vetyvuodon seurauksena tilaan syntyy räjähdyskelpoinen ilmaseos, joka syttyy ulkoisen syttymislähteen vaikutuksesta.

Kokoojaputkesta tapahtuvan vuodon massavirtaukseksi oletetaan elektrolyysereiden suurin tuotantokapasiteetti 720 kg/h. Elektrolyysereiden operointipaineeksi oletettiin 30 bar ja lämpötilaksi 15 °C. Huonetilavuudeksi oletettiin 13 700 m³.

Tilassa olevan ilmanvaihdon ei ole mallinnustilanteessa oletettu olevan käytössä. Tilassa oletetaan olevan räjähdyspaineen keventäviä rakenteita, jotka laukeavat 0,1 bar ylipaineesta ja estävät kantavien rakenteiden vaurioitumisen sekä rajoittavat tilaan muodostuvaa ylipainetta.

2.2.2 Vetyräjähdys kompressoreilla

Mallinnettavana seurauksena on vetyräjähdys kompressoritilassa. Skenaariossa kompressorin laippatiivisteestä vuotaa ympäröivään tilaan 10 sekunnin ajan vetyä, josta syntyy tilaan räjähdyskelpoinen ilmaseos, joka syttyy ulkoisen syttymislähteen vaikutuksesta. Vuodon keston oletetaan rajoittuvan 10 sekuntiin turva-automaation toimesta.

Kompressorien operointipaine on 200 bar, lämpötila noin 15 °C ja kapasiteetti 200 kg/h, joka oletettiin myös vuotonopeudeksi. Kompressorit ovat erotettu omaan tilaansa, jonka tilavuudeksi oletettiin 800 m³.

Kompressoritilassa olevan ilmanvaihdon ei ole mallinnustilanteessa oletettu olevan käytössä. Tilassa oletetaan olevan räjähdyspaineen keventäviä rakenteita, jotka laukeavat 0,1 bar ylipaineesta ja estävät kantavien rakenteiden vaurioitumisen sekä rajoittavat tilaan muodostuvaa ylipainetta.

2.2.3 Vetyräjähdys vetyvarastossa

Mallinnettavana skenaariona vetyvaraston vuodolle on räjähdys. Skenaariossa tilaan ja edelleen puoliavoimen tuulettuvan rakenteen kautta ulos rakennuksen yläosasta vuotaa 10 sekunnin ajan vetyä, josta muodostuu osin sisälle ja ulos rakennuksen yläpuolelle paikallinen syttyvä pilvi. Turva-automaation oletetaan rajoittavan vuodon 10 sekuntiin.

Vetyvaraston tilavuudeksi oletetaan 3600 m² ja tilan oletetaan olevan puoliavoin, jonka ansiosta vety pääsee vuotamaan ulkotilaan 15 metrin korkeudelta. Räjähdysten oletetaan tapahtuvan ulkona. Vetyvaraston operointipaineeksi oletetaan 200 bar ja lämpötilaksi oletetaan 10 °C.

3 Vaarojen luokittelu

Mallinnettavien vaaratilanteiden ja niiden vaikutusten valinta sekä itse mallinnukset toteutetaan Tukes-oppaan "Tuotantolaitosten sijoittaminen²" mukaisesti. Kemikaaleista aiheutuvia onnettomuusvaaroja tarkastellaan lämpösäteilyn, paineaallon, terveysvaikutusten ja ympäristövaikutusten näkökulmasta. Jatkuvia päästöjä, melua tai hajuhaittoja ei käsitellä vaaratilanteiden arvioinnissa.

3.1 Lämpösäteily

Mahdollisen lämpösäteilyn vaikutusten arviointia varten tarkastellaan mukaisesti etäisyydet lämpösäteilyn intensiteetin arvoille 3 kW/m², 5 kW/m², 8 kW/m² ja 12 kW/m². Alla (Taulukko 2) on kuvattu näiden lämpösäteilyn intensiteettien mahdollisia seurauksia.

Taulukko 2. Lämpösäteilyvaikutukset ja seuraukset.

Lämpösäteily, kW/m ²	Seuraukset ihmisille ja laitteille	Suunnittelun lähtökohdat
32	Kuolettava	Betonirakenteet vaurioituvat, rakenteita rikkova
12	Kasvillisuus saattaa syttyä	Teräksisten paineellisten säiliöiden ulkopinnat ja prosessilaitteet vaurioituvat
8	Toisen asteen palovammoja yli 20 sekunnin altistumisajalla, mahdollinen kuolema	Raja-arvo ulkopuolisiin kohteisiin nähden. Rakennukset, laitteet ja muut rakenteet saattavat syttyä
5	Toisen asteen palovammoja yli 60 sekunnin altistumisajalla, kuolema yli 2 minuutin altistuksesta	Raja-arvo rakennuksille ja muille kohteilla, joissa saattaa oleskella ihmisiä
3	Yli 2 minuutin altistusaika aiheuttaa pysyviä vammoja ihmisille	Raja-arvo poistumisreiteille
1,5	Pitkäaikainen oleskelu mahdollista	Turvaraja

3.2 Räjähdyksen ylipaineaalto

Mahdollisen räjähdysmuodostaman paineaallon vaikutusten arviointia varten tarkastellaan etäisyydet ylipaineen arvoille 5 kPa, 15 kPa ja 30 kPa. Alla (Taulukko 3) on kuvattu ylipaineaallon mahdollisia seurauksia.

Taulukko 3. Ylipainevaikutukset ja seuraukset.

Ylipaine, kPa	Seuraukset ihmisille ja laitteille	Mahdolliset rakennetyypit ja rakennukset
30	Tukirakenteiden pettäminen, mahdolliset dominovaikutukset	Teollisuuden rakenteet ja laitteet
15	Rakennusten osittainen romahtaminen, mahdollisuus pysyviin henkilövahinkoihin	Rakenteet ja rakennukset, joille 15 kPa yläraja voidaan hyväksyä hyvin perustelluista syistä, kuten paineenkestäviksi mitoitettujen teollisuuden rakennukset
5	Pieniä vaurioita rakennuksille, mahdolliset henkilövahingot	Rakennukset ja alueet, joilla normaalisti oleskelee ihmisiä

3.3 Vaikutukset tieliikenteeseen

Tuotantolaitos on sijoitettava sitä ympäröiviin rakennus- ja muihin kohteisiin nähden siten, ettei tuotantolaitoksessa mahdollisesti tapahtuvan onnettomuuden seurauksena voi olla

- yhdyskuntien toiminnan kannalta keskeisten toimintojen, kuten pääliikenneväylien, vesi-, jäte- tai energianhuoltojärjestelmien taikka teollisuus- ja tuotantolaitosten tai vastaavien toiminnan huomattava häiriintyminen
- kulttuurihistoriallisesti arvokkaiden rakennusten, rakennelmien tai puistojen taikka vastaavien kohteiden sekä muinaismuistolailla suojeltujen kohteiden vahingoittuminen pysyvästi taikka pitkäaikaisesti.
- vesi-, jäte- tai energiahuoltoon liittyvien toimintojen huomattavaa häiriintymistä

Laitoksen sijoituksessa pääliikenneväyliin nähden tulee ottaa huomioon, etteivät laitoksessa mahdollisesti tapahtuvan onnettomuuden lämpösäteily- tai painevaikutukset (myös heitteet) tai kemikaalien aiheuttama terveysvaara ulotu pääliikenneväylille siten, että voisi aiheutua liikenteen huomattavaa häiriintymistä.

Tieliikenteessä pääteitä ovat valtatiet, kantatiet ja moottoritiet. Valtakunnallisesti merkittäviksi teiksi ja kaduiksi katsotaan mm. valtatiet, virallisiin rajanylityspaikkoihin johtavat maantiet, talvisatamiin johtavat tiet ja kadut, raskaan ja säännöllisen lentoliikenteen, myös sotilasliikenteen, lentoasemille johtavat tiet ja kadut sekä valtakunnallisesti merkittäviin matkakeskuksiin ja tavaraterminalleihin johtavat tiet ja kadut. Valtakunnallista merkitystä omaavia ratoja ovat päärataverkon radat, virallisiin rajanylityspaikkoihin, talvisatamiin sekä valtakunnallisesti merkittäviin matkakeskuksiin ja tavaraterminalleihin johtavat radat sekä pääkaupunkiseudun metron radat.

Vaikutuksista infrastruktuuriin arvioitiin lämpösäteilyn ja räjähdyspaineen vaikutus tie- ja junaliikenteeseen. Tukes-opas on määrittänyt alla olevat suurimmat sallitut raja-arvot lämpösäteilyn ja paineaallon vaikutuksille yleisille tieväylille (Taulukko 4).

Taulukko 4. Tieliikenteeseen nähden sovellettavat lämpösäteilyn ja paineen enimmäismäärät uuden laitoksen sijoittamista arvioitaessa².

Liikennetiheys autoa/vrk	Suurin sallittu lämpösäteilyn intensiteetti (kW/m ²)	Suurin sallittu rintamapaine (kPa)
> 9000	5	8
1500–9000	5	11
< 1500	8	14

3.4 Vaikutukset ympäristöön

Kemikaaleista aiheutuva ympäristövaara tulee ottaa huomioon tuotantolaitoksen tai toimintojen sijoituksessa luontokohteiden ja virkistysalueiden läheisyyteen.

Luontokohteisiin ja virkistysalueisiin mahdollisesti vaikuttavissa onnettomuuksissa tarkastellaan kohteen tai alueen suojelutasoa sekä onnettomuuden vaikutusta suojelutasoon ja sen säilyvyyteen.

3.5 Vaikutukset pohjaveteen

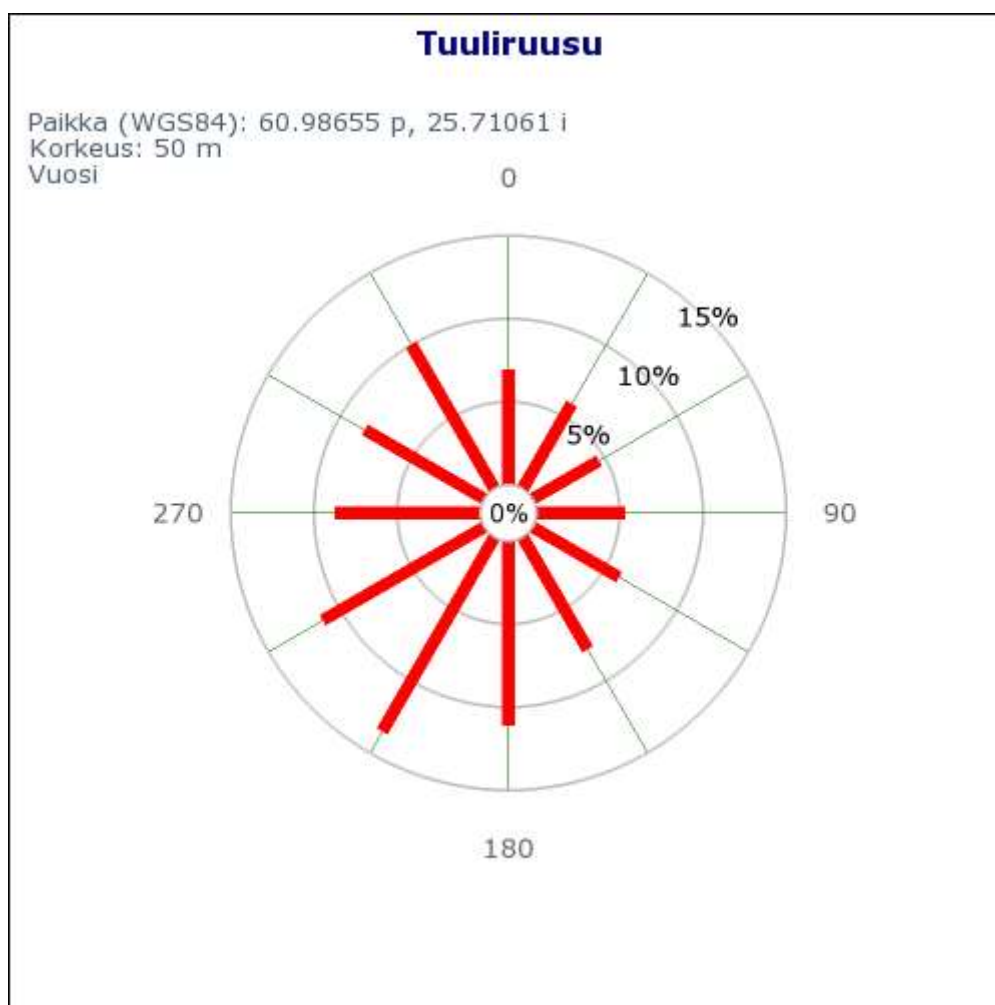
Tuotantolaitoksen sijoituksessa tärkeällä tai muulla vedenhankintaan soveltuvalla pohjavesialueella tai sen läheisyydessä on varmistuttava, ettei tuotantolaitoksessa mahdollisesti tapahtuvan onnettomuuden seurauksena aiheudu pohjaveden pilaantumista ja ettei pohjaveteen pääse vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineita.

3.6 Dominovaikutukset

Laitoksen ja sen toimintojen sijoituksessa ympäröiviin teollisuus- ja tuotantolaitoksiin tai vastaaviin nähden tulee ottaa huomioon, etteivät onnettomuuden lämpösäteily- tai painevaikutukset (myös heitteet) tai kemikaalien aiheuttama terveysvaara ulotu näihin siten, että niistä aiheutuu näiden toiminnan huomattavaa häiriintymistä tai suuronnettomuuden laajenemista laitoksesta toiseen (dominovaikutukset).

3.7 Ilmasto-olosuhteet

Alueella keskimääräinen vuoden ylin lämpötila on +20 °C ja keskimääräinen alin lämpötila on -13 °C. Keskimääräinen tuulen nopeus ja suunta alueella on 2 m/s lounaan ilmansuunnasta. Kuva 2 esittää tuulen suunnan jakautuminen (tuuliruusu) vuoden aikana alueella.



Kuva 2. Alueen tuuliruusu.

Tuulen nopeudeksi mallinnuksessa valittiin Tukesin oppaassaan määrittämät sääolosuhteet. Mallinnukset suoritettiin tuulen voimakkuuksilla 2 m/s ja 5 m/s siten, että säätilan stabiiliusluokitukseksi valittiin stabiili (F) ja neutraali (D) kyseisille tuulen voimakkuuksille edellä mainitussa järjestyksessä. Vallitsevaksi ympäristön lämpötilaksi valittiin 10 °C ja ilmakehän kosteudeksi 70 %.

4 Seurausten analysointi

Tulosten tarkastelukorkeudeksi valitaan yleisesti 1-2 metriä vastaten näin keskimääräisen ihmisen korkeutta. Tässä mallinnuksessa tarkastelukorkeudeksi valittiin 1,5 m.

4.1 Mallintamiseen käytetty ohjelma

Seurausmallinnus tehtiin käyttäen DNV GL:n kehittämällä Phast-mallinnusohjelmaa, joka on kansainvälisesti tarkimpana ja kattavimpana pidetty mallinnusohjelma. Ohjelmasta oli käytössä versio 8.71. Mallinnettaessa ohjelmaan syötetään tiedot ympäröivistä olosuhteista, materiaalista, päästön vapautumisesta, päästö määrästä, mallinnettavista jakeista ja vaikutuksista sekä karttatiedot alueesta.

5 Tulokset

5.1 Vetyräjähdys elektrolyysereillä

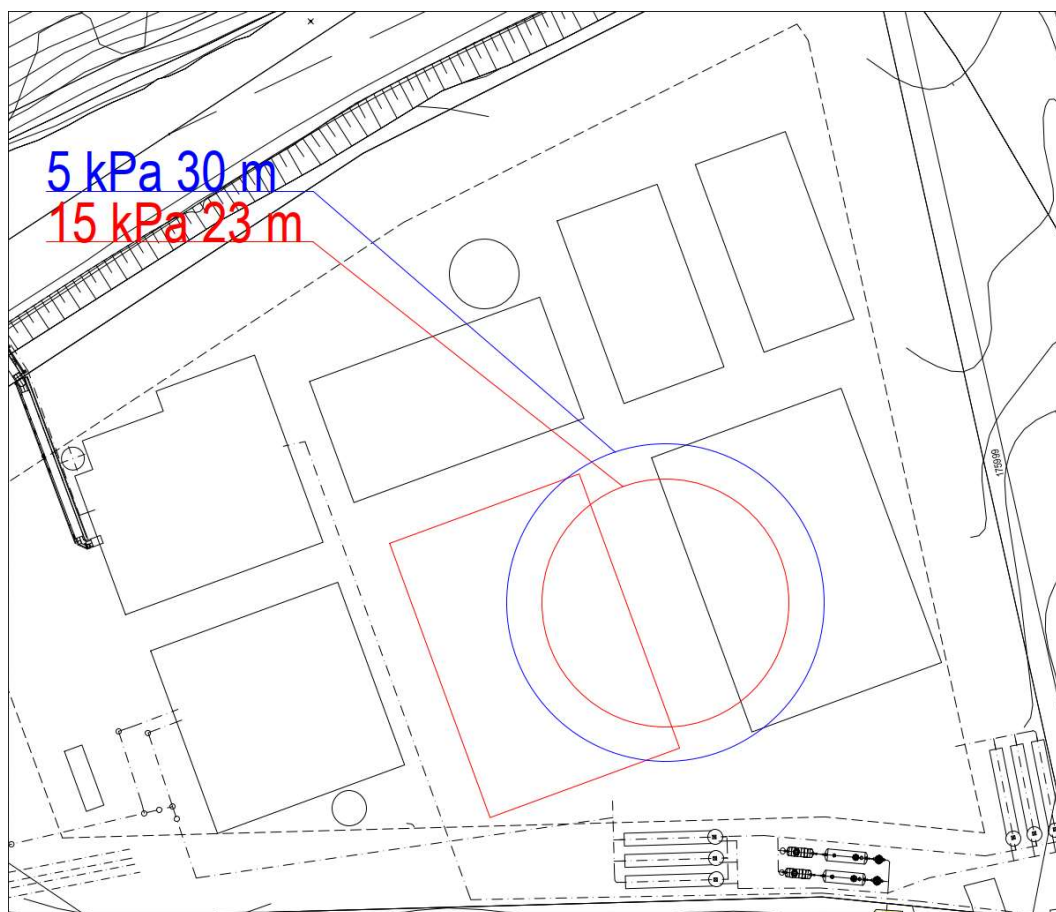
Skenaariossa elektrolyysereiden kokoojaputken laippaliitoksesta tilaan vuotaa 10 sekunnin ajan vetyä elektrolyysereiden suurimmalla tuotantokapasiteetilla, ja vuodosta muodostuu tilaan paikallinen syttyvä pilvi. Pilven syttyessä tapahtuu räjähdys, jonka painevaikutukset Taulukko 5 ja Kuva 3 esittävät. Turva-automaation oletetaan rajoittavan vuodon keston 10 sekuntiin ja painetta keventävien rakenteiden oletettiin rajoittavan paineen nousun 30 kPa:in.

Mallinnuksen perusteella 30 kPa ylipainetta ei saavuteta. 15 kPa ylipaineen vaaraetäisyys yltää mallinnuksen perusteella noin 23 metrin päähän ja 5 kPa ylipaineen vaaraetäisyys yltää noin 30 metrin päähän. Mallinnuksen perusteella painevaikutukset eivät yllä laitoksen ulkopuolelle.

5 kPa ylipaine aiheuttaa pieniä vaurioita rakennuksille ja mahdollisesti henkilövahinkoja ja se on raja rakennuksille ja alueille, joilla oleskelee normaalisti ihmisiä. 15 kPa ylipaine aiheuttaa rakennusten osittaista romahtamista ja mahdollisesti pysyviä henkilövahinkoja.

Taulukko 5. Elektrolyysereiden kokoojaputken vetyvuodon aiheuttaman räjähdysen ylipaineaallon vaaraetäisyydet.

Räjähdysen ylipaineaalto	Ylipaineaallon vaaraetäisyydet elektrolyyseritilan seinästä
30 kPa	-
15 kPa	23,2 m
5 kPa	29,8 m



Kuva 3. Elektrolyyseritilan vetyräjähdysen ylipaineaallon vaaraetäisyydet kartalla. Punainen ympyrä kuvaa 15 kPa ylipaineen vaaraetäisyyttä, ja sininen ympyrä kuvaa 5 kPa ylipaineen vaaraetäisyyttä. Etäisyydet ovat havainnollistettu rakennusten välisen tilan keskiosasta, kun painetta keventävät rakenteet ovat suunnanneet paineaallon rakennusten väliseen tilaan. Tarkasteltava rakennus on kuvattu punaisella värillä kuvassa.

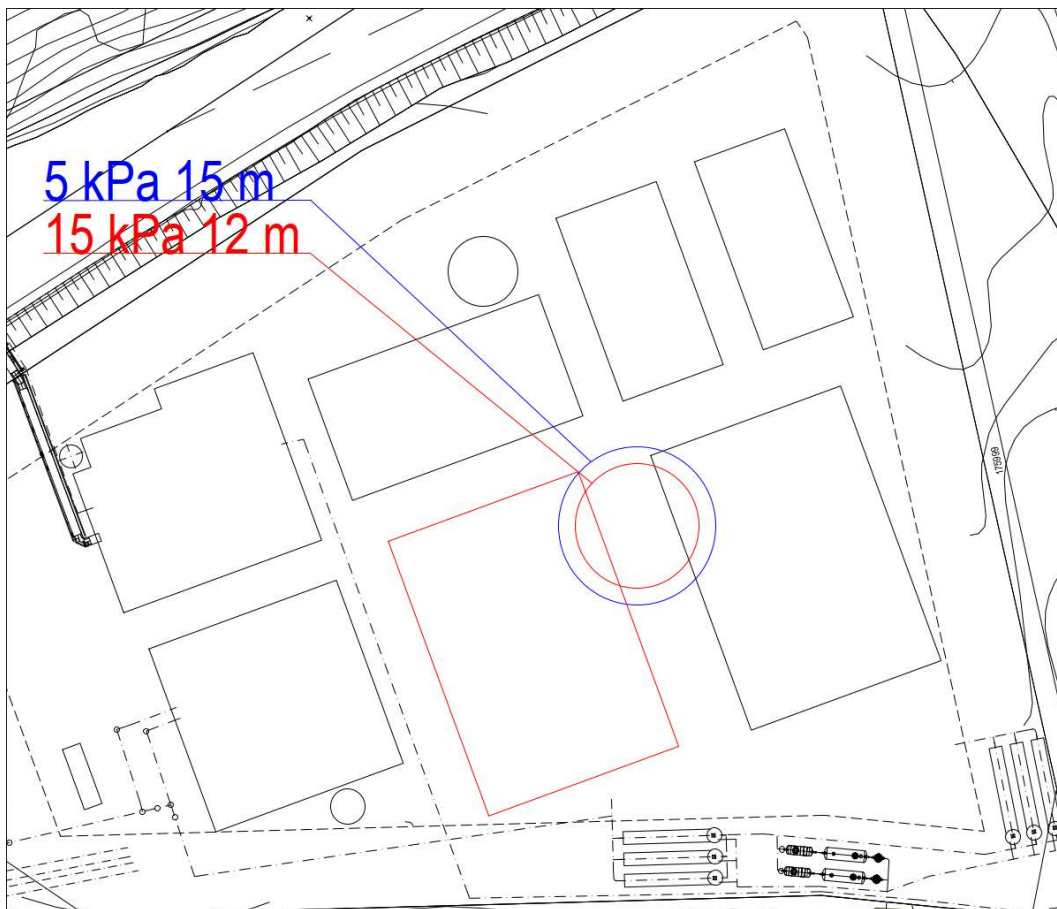
5.2 Vetyräjähdys kompressoreilla

Skenaariossa tilaan vuotaa vetyä 10 sekunnin ajan ja vuodosta huonetilassa muodostuu paikallinen syttyvä pilvi, jonka syttyessä tapahtuu räjähdys. Turva-automaation oletetaan rajoittavan vuodon keston 10 sekuntiin ja painetta keventävien rakenteiden oletettiin rajoittavan paineen nousun 30 kPa:in. Taulukko 6 esittää räjähdysen ylipaineaallon vaaraetäisyydet ja Kuva 4 esittää vaaraetäisyydet kartalla. Mallinnuksen perusteella 30 kPa ylipainetta ei saavuteta. 15 kPa ylipaineen vaaraetäisyys ylittää mallinnuksen perusteella noin 12 metrin päähän ja 5 kPa ylipaineen vaaraetäisyys ylittää noin 15 metrin päähän. Mallinnuksen perusteella painevaikutukset eivät yllä laitoksen ulkopuolelle.

5 kPa ylipaine aiheuttaa pieniä vaurioita rakennuksille ja mahdollisesti henkilövahinkoja ja se on raja rakennuksille ja alueille, joilla oleskelee normaalisti ihmisiä. 15 kPa ylipaine aiheuttaa rakennusten osittaista romahtamista ja mahdollisesti pysyviä henkilövahinkoja.

Taulukko 6. Kompressorin vetyvuodon aiheuttaman räjähdysen ylipaineaallon vaaraetäisyydet.

Räjähdysen ylipaineaalto	Ylipaineaallon vaaraetäisyydet kompressoritilan seinästä
30 kPa	-
15 kPa	11,6 m
5 kPa	14,8 m



Kuva 4. Kompressorin vetyrähdyksen ylipaineaallon vaaraetäisyydet kartalla. Punainen ympyrä kuvaa 15 kPa ylipaineen vaaraetäisyyttä, ja sininen ympyrä kuvaa 5 kPa ylipaineen vaaraetäisyyttä. Etäisyydet ovat havainnollistettu rakennusten välisen tilan keskiosasta, kun painetta keventävät rakenteet ovat suunnanneet paineaallon rakennusten väliseen tilaan. Tarkasteltava rakennus on kuvattu punaisella värillä kuvassa.

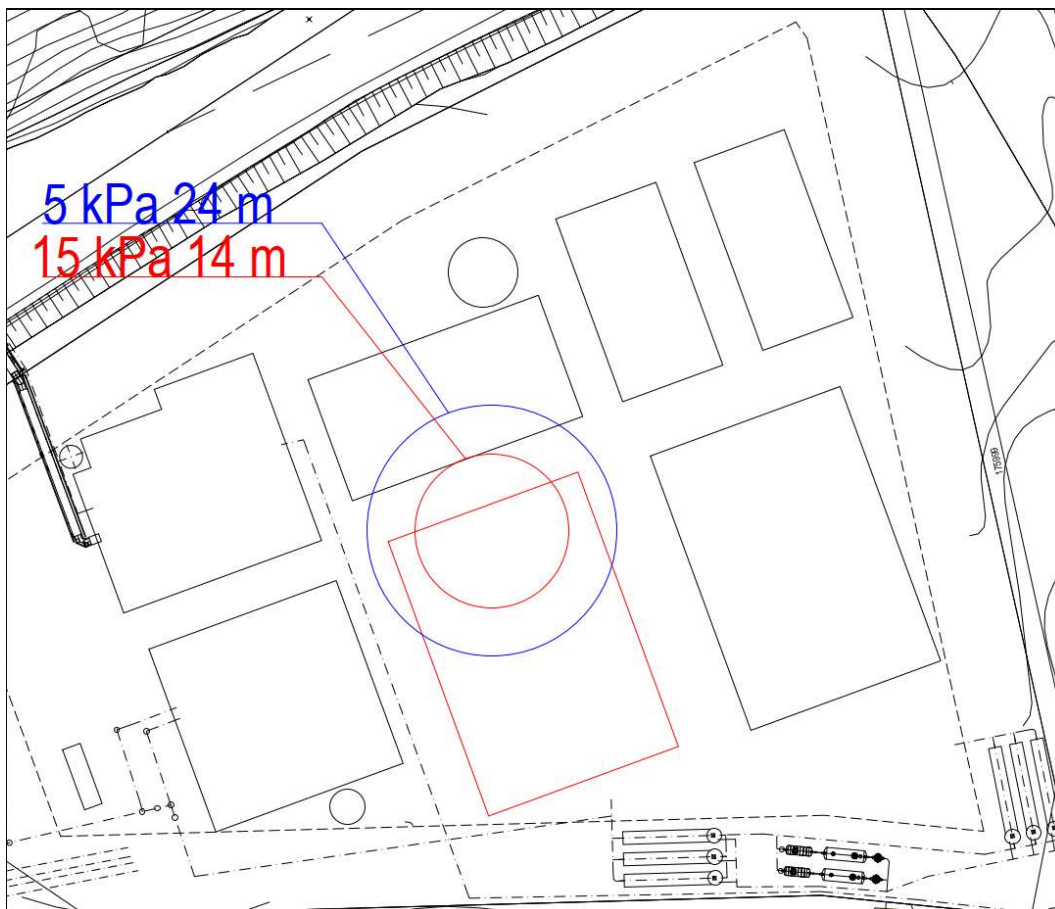
5.3 Vuoto vetyvarastossa

Skenaariossa tilaan ja edelleen puoliavoimen tuulettuvan rakenteen kautta ulos rakennuksen yläosasta vuotaa 10 sekunnin ajan vetyä, josta muodostuu osin sisälle ja ulos rakennuksen yläpuolelle paikallinen syttyvä pilvi. Turva-automaation oletetaan rajoittavan vuodon keston 10 sekuntiin ja varaston seinärakenteiden oletetaan olevan räjähdyspaineen kestävä. Pilven syttyessä tapahtuu räjähdys, jonka painevaikutuksen vaaraetäisyydet Taulukko 7 esittää. Kuva 5 esittää vaaraetäisyydet kartalla. Mallinnuksen perusteella 30 kPa ylipainetta ei saavuteta. 15 kPa ylipaineen vaaraetäisyys ylittää mallinnuksen perusteella 14 metrin päähän ja 5 kPa ylipaineen vaaraetäisyys ylittää noin 24 metrin päähän. Mallinnuksen perusteella painevaikutukset eivät yllä laitoksen ulkopuolelle.

5 kPa ylipaine aiheuttaa pieniä vaurioita rakennuksille ja mahdollisesti henkilövahinkoja ja se on raja rakennuksille ja alueille, joilla oleskelee normaalisti ihmisiä. 15 kPa ylipaine aiheuttaa rakennusten osittaista romahtamista ja mahdollisesti pysyviä henkilövahinkoja.

Taulukko 7. Vetyvaraston vetyvuodon aiheuttaman räjähdysen ylipaineaallon vaaraetäisyydet.

Räjähdyksen ylipaineaalto	Ylipaineaallon vaaraetäisyydet vetyvaraston vetyvuodon räjähdyksessä
30 kPa	-
15 kPa	14,4 m
5 kPa	23,5 m



Kuva 5. Vetyvaraston räjähdysen ylipaineaallon vaaraetäisyydet kartalla. Punainen ympyrä kuvaa 15 kPa ylipaineen vaaraetäisyyttä, ja sininen ympyrä kuvaa 5 kPa ylipaineen vaaraetäisyyttä. Etäisyydet ovat havainnollistettu vetyvaraston puoliavoimesta tilasta, kun painetta keventävät rakenteet ovat suunnanneet paineaallon ulkotilaan. Tarkasteltava rakennus on kuvattu punaisella värillä kuvassa.

6 Yhteenveto

Tässä seurausanalyysissä tarkasteltiin Ren-Gas Oy:n Lahteen suunnitteilla olevaan Power-To-Gas-tuotantolaitokseen liittyvien onnettomuusskenaarioiden seurauksia. Tuotantolaitoksen tavoitteena tuottaa uusiutuvaa synteettistä metaania, vetyä ja hukkalämmöstä tuotettua kaukolämpöä.

Seurausanalyysin skenaarioiksi valittiin vetyvuodosta tapahtuva räjähdys elektrolyyseritilassa, kompressoritilassa ja vetyvarastossa. Skenaarioissa ympäröivään tilaan vuotaa 10 sekunnin ajan vetyä, josta syntyy räjähdyskelpoinen ilmaseos, joka syttyy ulkoisen syttymislähteen vaikutuksesta. Turva-automaation oletetaan rajoittavan vuodon pituuden 10 sekuntiin jokaisessa skenaariossa. Elektrolyysereiden yhteisessä tilassa ja kompressoritilassa oletetaan olevan räjähdyspaineen keventäviä rakenteita, jotka laukeavat 0,1 bar ylipaineesta. Vetyvaraston oletetaan olevan puoliavoin tila, josta vetyä pääsee vuotamaan ulkotilaan. Mallinnetuissa skenaarioissa on oletettu, että osa turvajärjestelyistä, kuten tilojen ilmanvaihto, eivät toimi asianmukaisesti, jolloin räjähdys pääsee syntymään.

Mallinnuksen perusteella painevaikutukset eivät yllä laitoksen ulkopuolelle eikä räjähdys aiheuta 30 kPa ylipainetta. Räjähdysten 15 kPa ylipaineen vaaraetäisyys yltää mallinnuksen perusteella suurimmillaan elektrolyyserin vuodon tapauksessa 23 metrin päähän ja räjähdysten 5 kPa ylipaineen vaaraetäisyys yltää noin 30 metrin päähän. Kompressorin- ja vetyvarastovuodoissa vaaraetäisyydet jäävät jo. etäisyyksiä pienemmiksi.

5 kPa ylipaine aiheuttaa pieniä vaurioita rakennuksille ja mahdollisesti henkilövahinkoja ja se on raja rakennuksille ja alueille, joilla oleskelee normaalisti ihmisiä. 15 kPa ylipaine aiheuttaa rakennusten osittaista romahtamista ja mahdollisesti pysyviä henkilövahinkoja.

Liite 1

Mallinnustulokset kartalla

Asiakas: Nordic Ren-Gas Oy

Projekti: 101020905-001

Raporttinumero: 101020905-001

