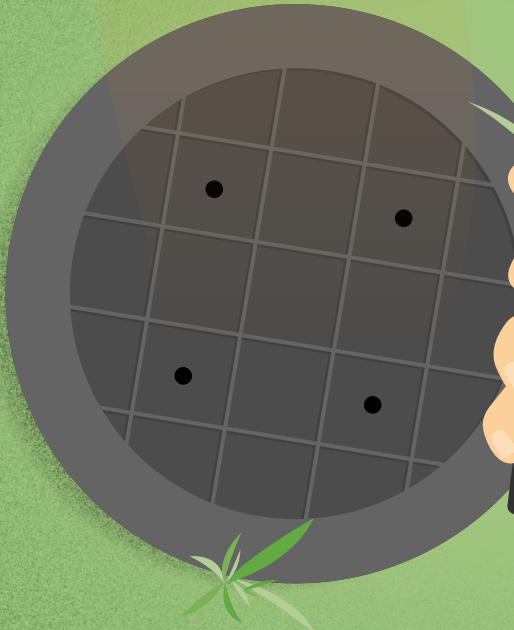


# Rikkivety

*Haittojen tunnistaminen ja ratkaiseminen*



be  
think  
innovate

**GRUNDFOS** 

# Jätevesiverkostojen uusi aikakausi

Rikkivety päästöt ovat merkittävä ja yleisesti tunnettu ongelma jätevesiverkostojen jäteveden siirrossa. Rikkivedyn aiheuttamat riskit voi havaita erityisesti tarkastuskaivoissa ja pumppaamoissa tehtävien töiden yhteydessä, mätä ääntä muistuttavasta hajuhaitasta puhumattakaan.

Tämä Grundfosin laatima esite sisältää yleiskatsauksen rikkivety päästöjen syistä ja niiden aiheuttamista seurauksista. Tavoitteenamme on antaa neuvoja, jotka helpottavat viemäriverkostojen ja jäteveden siirron parissa työskentelevän henkilöstön työnsarkaa. Tämä esite ei anna täydellisiä vastauksia kaikkiin rikkivedyn aiheuttamiin ongelmiin. Tarkoituksena on kuvata yleisesti niitä rikkivedyn aiheuttamia haittoja, joita saatat kohdata päivittäisessä työssäsi.

Tämän esitteen on laatinut Grundfos. Se sisältää Tanskan vesi- ja jätevesiyhdistyksen (DANVA) asiantuntijoiden näkemyksiä rikkivedyn aiheuttamiin haittoihin liittyen.

Antoisia lukuhetkiä.

Ystävällisin terveisin  
Grundfos

**Vastuuvapauslauseke**  
**Grundfos on pyrkinyt kaikkiin mahdollisiin keinoin varmistamaan, että tässä esitteessä mainitut tiedot ovat tarkkoja ja paikkansapitäviä. Grundfos ei kuitenkaan vastaa suorista tai välillisistä vahingoista, jotka johtuvat tässä esitteessä olevan sisällön soveltamisesta.**



# Sisältö

Johdanto – professori Jes Vollertsen	4
Rikkivetyyn liittyvät yleiset ongelmat	6
Jätevesijärjestelmien prosessiolosuhteet	8
Hajuhaitat	16
Korroosio	19
Kaasufaasimittari	20
Menetelmiä rikkivedyn käsittelyyn	22
Rikkivedyn muodostumisen ehkäiseminen nitraatin tai raudan(III) avulla	24
Rikkivedyn poistaminen kemiallisella saostuksella	26
Rikkivedyn hallinta pH-arvojen säätelyllä	28
Kemikaalien asianmukainen annostelu	29
Muut menetelmät	30
Muita menetelmiä rikkivedyn estämiseen ja poistamiseen	32
Haluatko lisätietoja?	34
Lähteet	35

# Johdanto

## *Professori Jes Vollertsen*

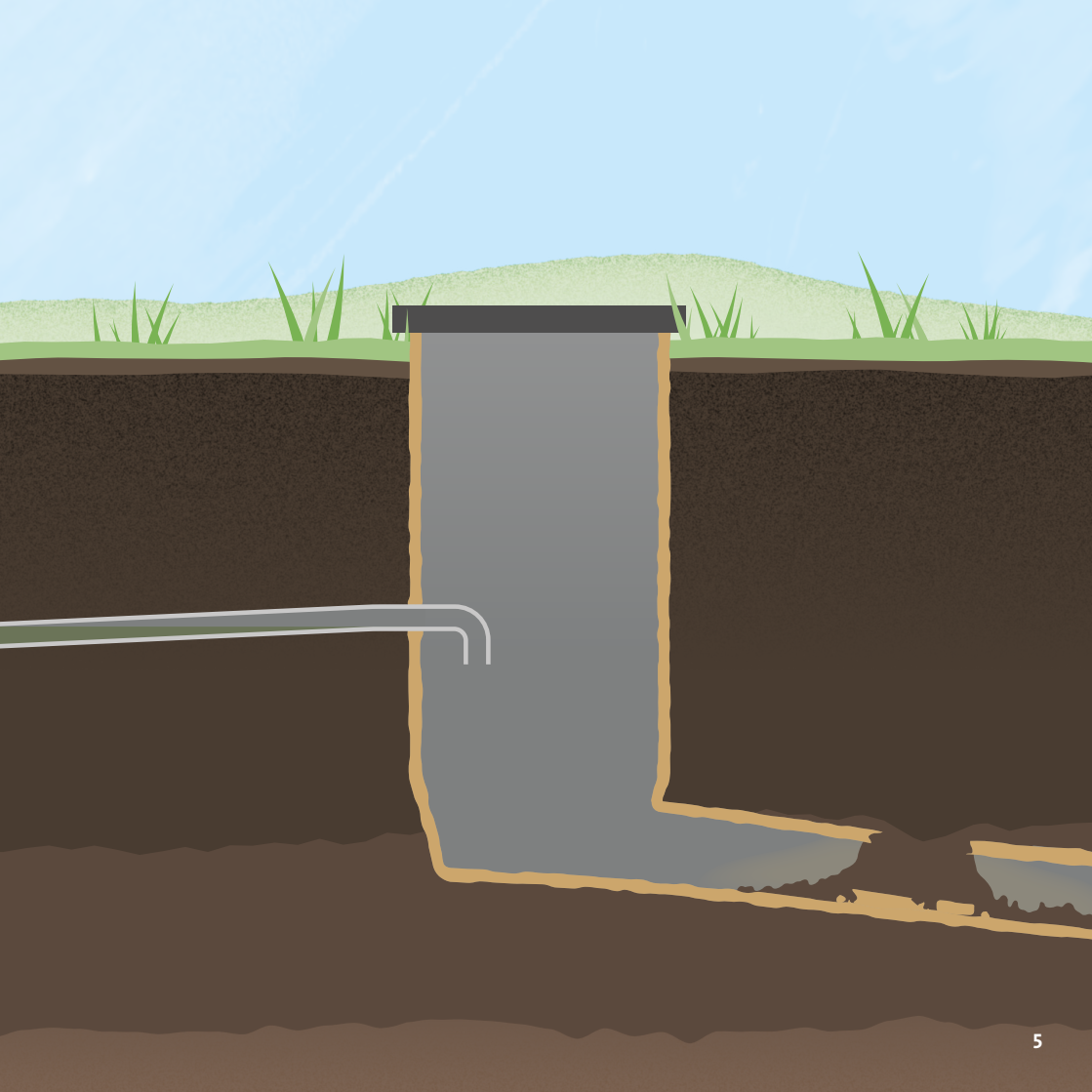
Rakennustekniikan laitos, Aalborgin yliopisto, Tanska

Tehokkaan jätevedenkäsittelyn vaatimukset ja harmaaveden laatuvaatimukset kasvavat jatkuvasti. Näistä ja monista muista syistä jäteveden käsittely ja siirto joudutaan keskittämään yhä etäämmällä sijaitseviin laitoksiin. Koska jätevettä joudutaan siirtämään pitkien etäisyyksien päähän, pääviemäreiden painovoimaiset putkistot eivät enää ole riittävä ratkaisu. Siksi nousuputkistoihin on turvaututtava yhä useammin.

Keskittäminen tuo selkeitä etuja jätevedenkäsittelyyn, mutta paineputkien käyttöön liittyy puolestaan lukuisia haittoja. Yksi haittupuolista on anaerobisten olosuhteiden muodostuminen paineputkissa, minkä seurauksena syntyy rikkivetyä ja muita pahanhajuisia kaasuja. Tämä voi aiheuttaa huomattavia haittoja nousuputkiston päässä ja sen läheisyydessä oleville asukkailla. Vaikka nousuputkiston toiminta voidaan optimoida

haittojen minimoimiseksi, rikkivedyn ja muiden kaasujen aiheuttamat ongelmat huomioidaan harvoin suunnitteluvaiheessa. Siksi näihin ongelmiin on yritettävä löytää ratkaisut järjestelmien käytön yhteydessä. Sopivan ratkaisun ja ohjeiden löytäminen on usein työlästä, mikä hankaloittaa ongelmaan tarttumista entisestään. Tässä esitteessä paneudutaan muutamii perusasioihin, jotka liittyvät rikkivetyyn ja sen aiheuttamiin hajuhaittoihin. Tarkastelemme myös menetelmiä, joilla näitä ongelmia voidaan ehkäistä. Toivottavasti saat tästä esitteestä käytännöllisiä vinkkejä rikkivetyyn ja muihin hajuhaittoja aiheuttaviin kaasuihin liittyvien ongelmien ratkaisemiseen jätevedenkäsittelyssä.





# Rikkivetyyn liittyvät yleiset ongelmat

Velailotukset kohtaavat rikkivetyyn liittyviä ongelmia päivittäin. Tässä kolme tunnetuinta rikkivedyn aiheuttamaa haittaa:

1. Rikkivedyn hajuhaittojen ja vaarojen aiheuttamat terveys- ja turvallisuusongelmat.
2. Hajuhaitat tarkastuskaivojen ja muiden jätevesirakenteiden läheisyydessä asuville asukkailla.
3. Rakenteiden, komponenttien ja putkistojen kuluminen ja syöpyminen.

## Terveys ja turvallisuus

Rikkivety on erittäin myrkyllinen kaasu, jolle on ominaista mädän kananmunan haju. Kaasu aiheuttaa vakavia terveysriskejä jo alhaisina pitoisuuksina, ja suurempina pitoisuuksina se voi olla tappavaa. Rikkivety on petollinen kaasu, sillä se lamaannuttaa hajuaistin suurina pitoisuuksina.



Mahdollista vaaraa ei siis siksi pysty välttämättä tunnistamaan haistamalla.

Rakennusten ulkopuolisiin hulevesi- ja jätevesijärjestelmiin sovelletaan standardia EN 752, jonka mukaan järjestelmässä on käytettävä jatkuvasti asianmukaista ilmanlaadun valvontalaitteistoa työskentelyaikana. Tämä on elintärkeä ohje tämältyyppisissä kohteissa työskentelevälle henkilöstölle.





## Haju

Rikkivety haisee pahalle jo alhaisina pitoisuuksina, joten pienestäkin ongelmasta voi seurata monimutkaisia ja kalliita toimenpiteitä.

Vesilaitokset eivät yleensä hyväksy kuluttajille aiheutuvia hajuhaittoja.

Hajuhaittoihin sovelletaan standardia EN 752, jonka mukaan jätevesijärjestelmien suunnittelussa, rakentamisessa, huollossa ja toiminnossa tulee kiinnittää huomiota hajuhaittojen sekä myrkyllisten, räjähtävien tai korroosiota aiheuttavien kaasujen estämiseen.

## Asennettujen järjestelmien kuluminen ja altistuminen korroosiolle

Rikkivety nähdään usein tarkastuskaivoissa ja pumppaamoissa esiintyvänä paikallisena ongelmana. Rikkivedyn muodostuminen voi kuitenkin aiheuttaa haittoja myös itse jätevesijärjestelmissä.

Rikkivety hapettuu putken seinämissä rikkihapoksi syövyttäen putkien pintaa.



Rikkivedyn muodostuminen voi siis kuluttaa rakenteita ja aiheuttaa sen seurauksena merkittäviä taloudellisia vaikutuksia.

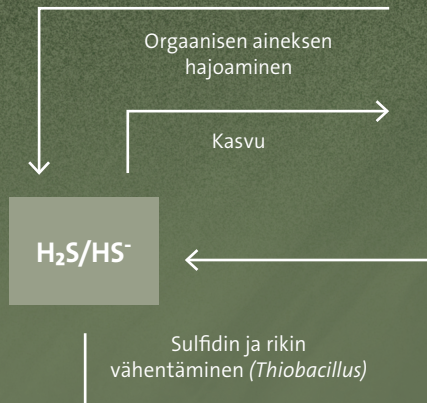
Rikkivedyn muodostumista ja hapettumista rikkihapoksi käsitellään myöhemmin tässä esitteessä.

Kaasupitoisuuden vaikutus	Kaasufaasin pitoisuus ilmassa (ppm)
Havaitsemisraja, haju	0,0001–0,002
Voimakas, epämiellyttävä haju	0,5–30
Tanskan ympäristöviranomaisten asettama	5
Vauriot silmille ja limakalvoille	50–300
Hengenvaara	300–500
Välitön kuolema	>700

# Jätevesijärjestelmien prosessiolosuhteet

Jätevettä joudutaan usein siirtämään pitkien etäisyyksien päähän paineistettujen järjestelmien kautta. Tämäntyyppisissä järjestelmissä bakteerit saavat ravinteita jätevedestä. Bakteerit viihtyvät putkistojen pinnalle muodostuessa biofilmissä, kaivojen seinämissä ja muissa nesteiden peittämissä pinnoissa. Nämä ovat bakteereille oivia tarttumispintoja, joilta ne eivät huuhtoudu pois. Biofilmissä elää nopeimmin kasvava bakteerikanta, jonka kasvuun vaikuttavat bakteerien saamat ravinteet.

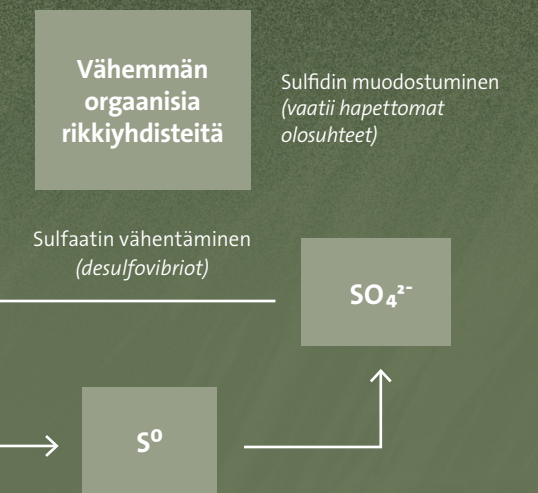
Jätevesi sisältää lukuisia, bakteerien ravinnoksi soveltuvia kemikaaliyhdisteitä. Jätevedessä olevat bakteerit muuttavat orgaanisen aineksen solumateriaaliksi ja hiilidioksidiksi ( $\text{CO}_2$ ). Ihmiset tarvitsevat happea saadakseen energiaa syömästään ravinnosta. Myös bakteerit voivat hyödyntää erityyppisiä kemiallisia aineita, kuten happea ( $\text{O}_2$ ), nitraattia ( $\text{NO}_3^-$ ) ja sulfaattia ( $\text{SO}_4^{2-}$ ). Jos saatavilla on happea tai nitraattia, rikkivetyä ei muodostu merkittäviä määriä. Tätä kuvataan paineputkiston ensimmäisessä osassa (katso



sivut 10–11). Jäteveteen on joko lisätty happea ja nitraattia tai niitä on muodostunut siihen. Kun happi ja nitraatti on kulutettu kokonaan, biofilmissä alkaa muodostua rikkivetyä.

Rikkivetyä muodostuu biologisten prosessien seurauksena, mutta sen muodostumista voidaan kuitenkin hallita seuraavilla tekijöillä: lämpötilalla, pH-arvolla sekä orgaanisen aineksen määrällä ja tyypillä. Rikkivedyn muodostumisen kannalta ratkaisevinta on kuitenkin viipymä eli se, miten pitkään bakteerit viipyvät seisovassa vedessä.

## Rikkivedyn muodostumiseen vaikuttavat tekijät

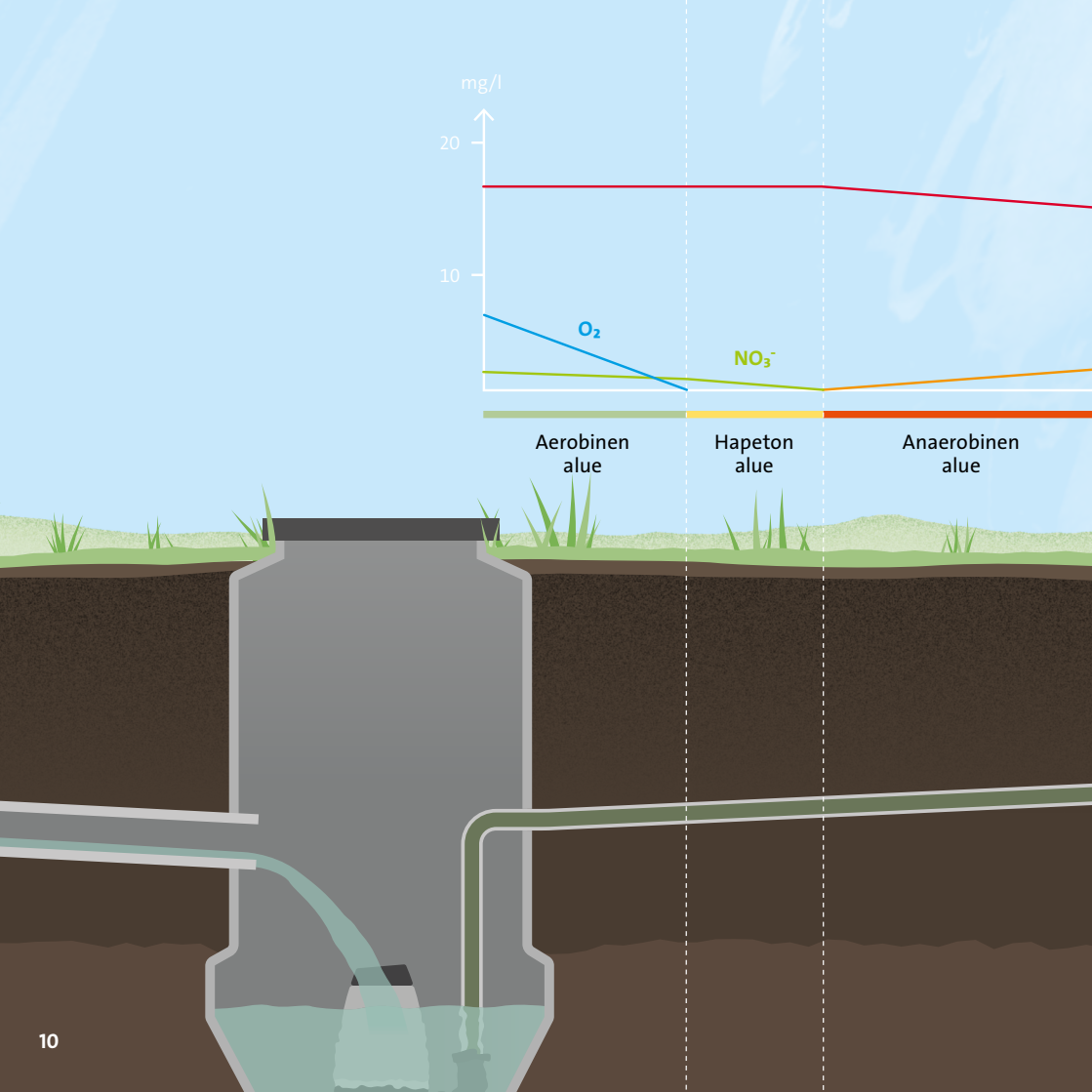


Tässä yhteydessä tulee kuitenkin muistaa, että yleisten järjestelmien imeytettävä vesi, pintavesi ja sadevesi lyhentävät viipymää.

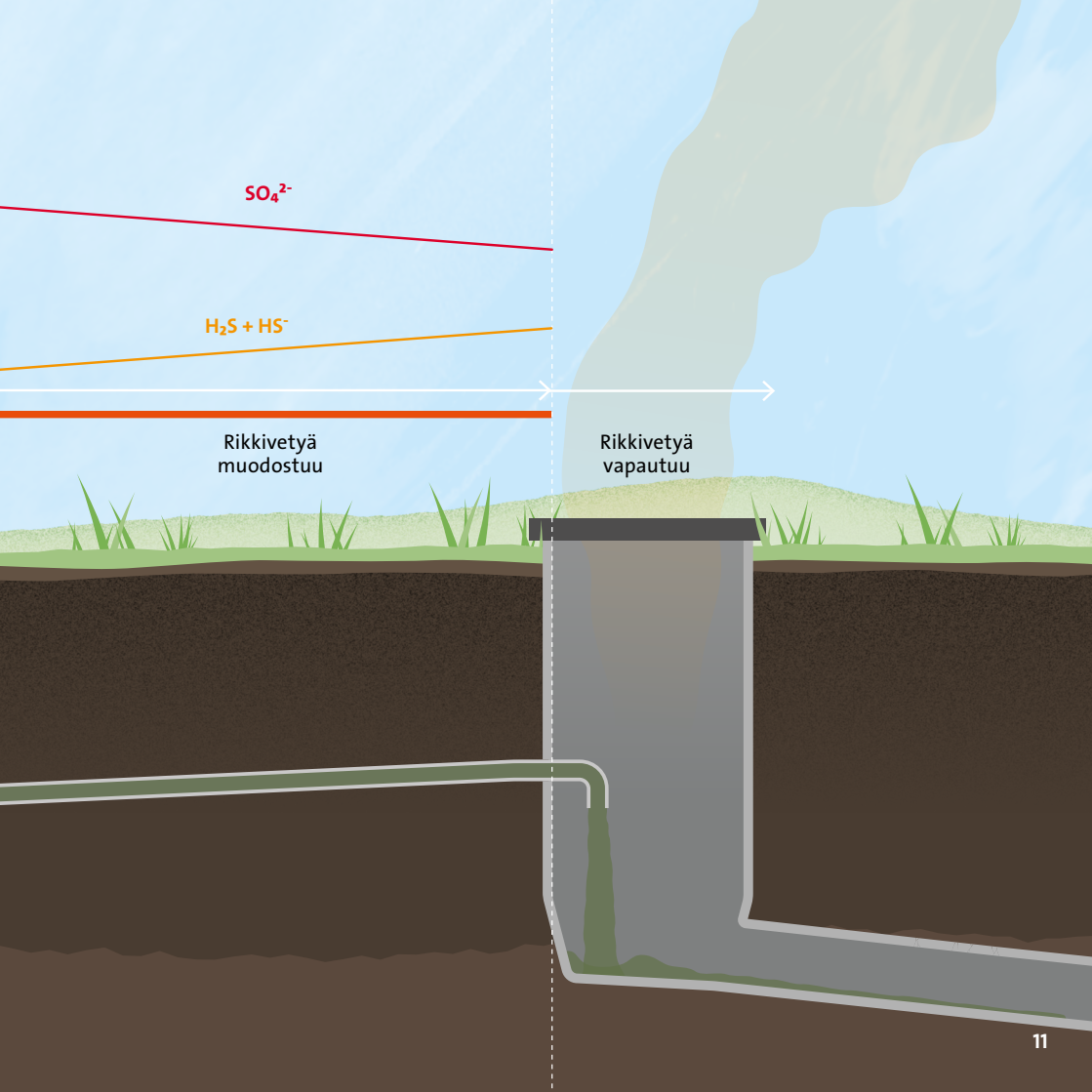
Rikkivedyn muodostumiseen vaikuttaa myös lämpötila. Rikkivetyä muodostuu noin 3–5 prosenttia enemmän yhtä celsiusastetta kohti. Viipymä vaikuttaa kasvuun kuitenkin lämpötilaa enemmän.

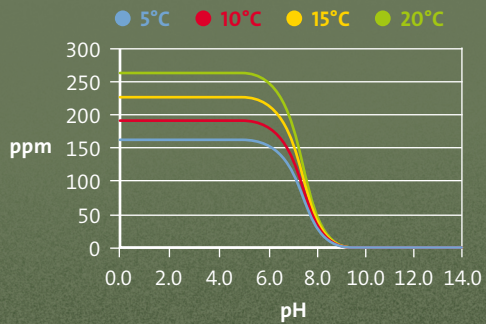
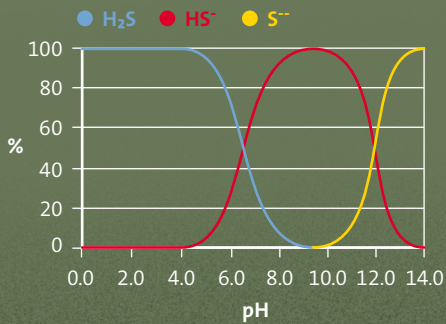
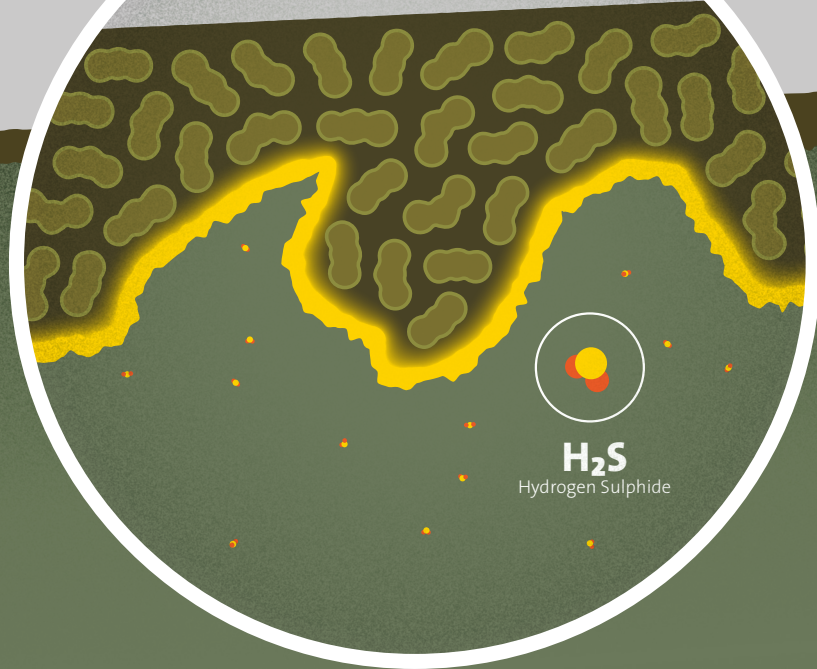
Parametri	Vaikutus
Pinta-ala/tilavuus-suhde	Jos pinta-ala/tilavuus-suhde on suuri, sulfideja muodostuu enemmän. Halkaisijaltaan suuret putket pienentävät pinta-ala/tilavuus-suhdetta*.
Anaerobinen viipymä	Nostaa sulfidipitoisuutta. Verkoston suuret paineputket aiheuttavat anaerobista viipymää*.
Virtaama	Suuri virtaama (> 1 m/s) ehkäisee paksun biofilmin ja sulfidien muodostumista.
Jäteveden sulfaattipitoisuus	Ei rajoittava tekijä, jos pitoisuus on yli 5–15 gS m <sup>-3</sup> .
Orgaanisen substraatin laatu	Helposti hajoavat substraatit (esim. VFA-yhdisteet ja alkoholit) kiihdyttävät kasvua.
Lämpötila	Lämpötilakerroin on alhainen (kasvu nopeutuu noin 3–5 % yhtä celsiusastetta kohti).
pH-arvo	Optimaalinen pH-arvo on 5,5–9 (ei rajoittava normaalissa jätevedessä).

\* Suurissa putkissa muodostuu kuitenkin yleisesti ottaen vähiten sulfideja







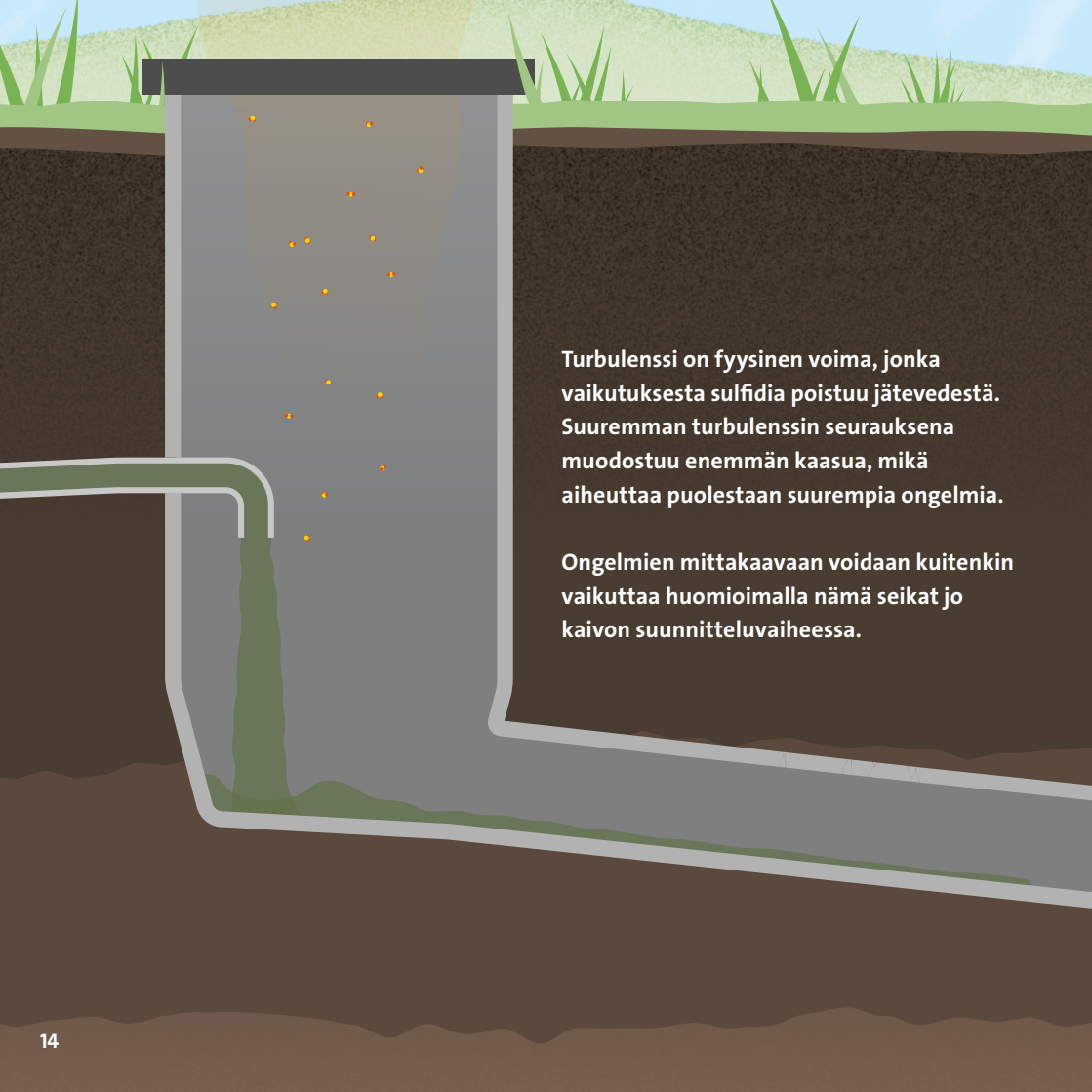


Kun biofilmiin on muodostunut rikkivetyä, osa siitä siirtyy liuenneena kaasuna suoraan jäteveden vesifaasiin. Huomattava osa muodostuneesta kaasusta voi jäädä liuenneena jäteveeten niin pitkäksi aikaa kuin se on paineen alaisena järjestelmän paineistetussa osassa. Kun jätevesi siirtyy tarkastuskaivoon tai muuhun avoimeen kaivoon, johon kohdistuu ilmanpaine, rikkivetykaasua vapautuu ilmaan. Tämä on siis edellä mainittujen ongelmien syy.

Poistettavissa olevan kaasun määrä riippuu jäteveden pH-arvosta ja lämpötilasta sekä turbulenssin määrästä jäteveden siirtyessä paineistetusta järjestelmästä painovoimaiseen järjestelmään. Viereisellä sivulla olevissa kuvissa näkyvät vesi- ja kaasufaasiin jakautumisen suhde, pH-arvo ja lämpötila. PH.arvo on merkittävä tekijä rikkivedyn aiheuttamien ongelmien taustalla. Jos pH-arvo on alle 6,

lähes kaikki rikkivety esiintyy kaasuna, jolloin sitä vapautuu kaivoihin niin, että pienetkin pitoisuudet aiheuttavat suuria ongelmia. Jos pH-arvo on yli 8,5, kaikki rikkivety liukenee vesifaasissa, jolloin haihtumista ei tapahdu. Jos viipymä on pitkä, jätevesi happamoituu, minkä seurauksena ongelmat moninkertaistuvat.

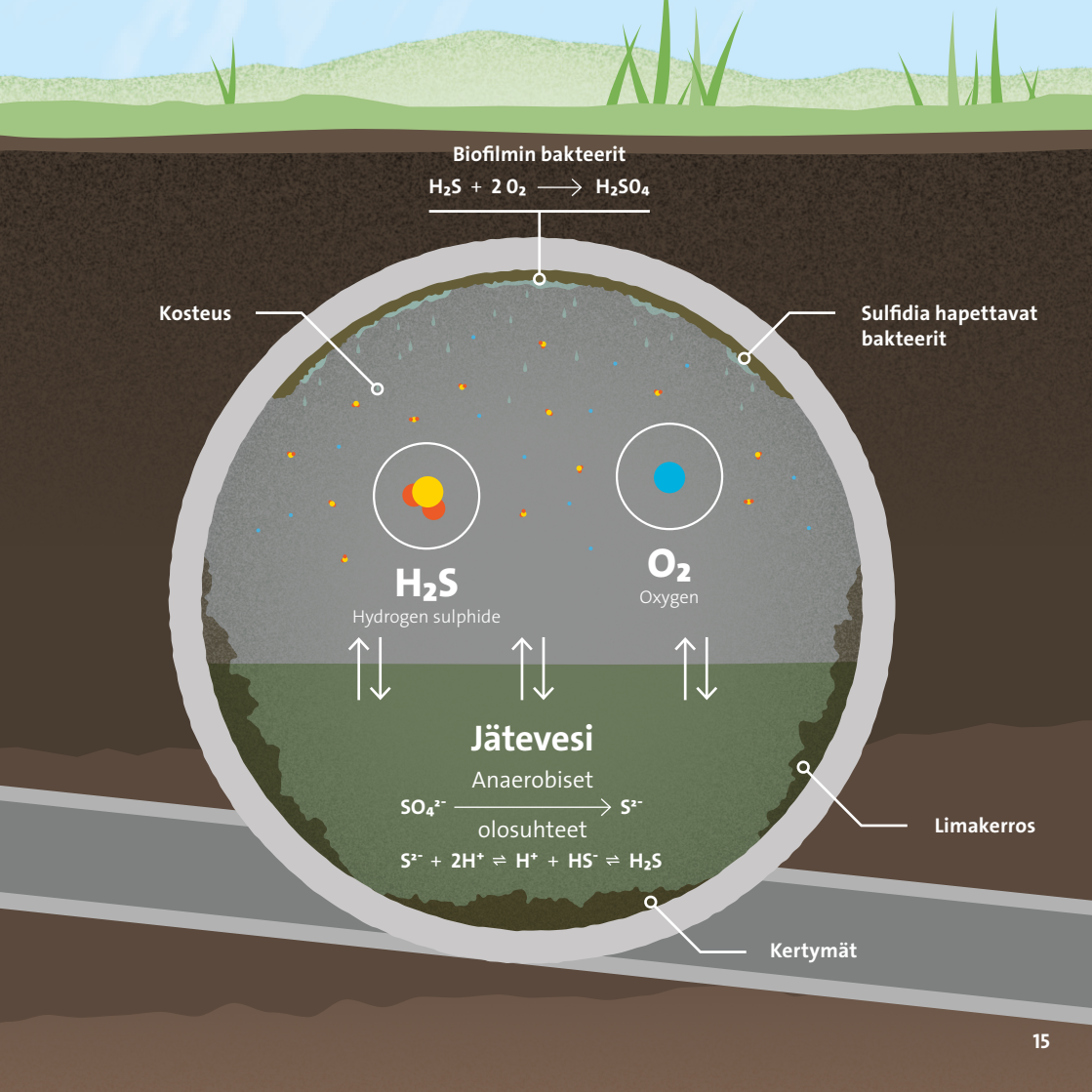
Poikkeamat jäteveden lämpötilassa ovat usein melko pieniä lauhkeammilla ilmastovyöhykkeillä sijaitsevilla järjestelmissä. Teollisuuden jätevesissä poikkeamat voivat kuitenkin olla suurempia, mikä voi puolestaan lisätä rikkivedyn aiheuttamia haittoja. Jos jäteveden lämpötila on korkeampi, bakteereja ja sen seurauksena myös rikkivetyä muodostuu ajan myötä enemmän. Myös suurempi osa syntyneestä rikkivedystä haihtuu.



Turbulenssi on fyysinen voima, jonka vaikutuksesta sulfidia poistuu jätevedestä. Suuremman turbulenssin seurauksena muodostuu enemmän kaasua, mikä aiheuttaa puolestaan suurempia ongelmia.

Ongelmien mittakaavaan voidaan kuitenkin vaikuttaa huomioimalla nämä seikat jo kaivon suunnitteluvaiheessa.





Biofilmin bakteerit



Kosteus

Sulfidia hapettavat bakteerit

$\text{H}_2\text{S}$

Hydrogen sulphide

$\text{O}_2$

Oxygen

Jätevesi

Anaerobiset



olosuhteet



Limakerros

Kertymät

# Hajuhaitat



Hajuhaittoja esiintyy yleensä yhdessä paikassa, esimerkiksi tarkastuskaivossa tai pumppaamossa, johon vettä siirretään useista putkistoista. Pahimmassa tapauksessa hajuhaittoja voi kuitenkin esiintyä koko jätevesiputkiston alueella. Haju on ikävä ongelma ohikulkijoiden ja alueen asukkaiden kannalta. Jotta asukkaiden valituksiin voidaan reagoida, vesilaitoksen henkilöstö käy tarkastamassa tilanteen. Hajuhaittaa ei silti välttämättä pystytä vahvistamaan.

Ongelman laajuus vaihtelee usein suuresti monista syistä. Rikkivetyyn liittyvät ongelmat ovat usein sidoksissa pitkään viipymään. Kuivalla säällä viipymä on yleensä pitkä.

Vanhemmissa erillisjärjestelmissä imeytetty vesi, pinta- ja sadevesi lyhentävät viipymää, jolloin myös ongelmia esiintyy vähemmän.

Myös vuorokauden aikana tapahtuvat jäteveden määrän muutokset vaikuttavat asiaan. Ihmisen oma toiminta vaikuttaa kaikkiin järjestelmiin: vedenkulutus on usein suurinta aamulla ja iltapäivällä. Teollisuuden harmaaavesi voi tasapainottaa tätä jossain määrin, mutta vaihteleva kuormitus vaikuttaa ratkaisevasti hajuhaittojen muodostumiseen. Koska viipymä vaihtelee, myös kaasun määrä tarkastuskaivossa vaihtelee.

Paineistetuissa järjestelmissä hajua esiintyy pääsääntöisesti silloin, kun jätevettä

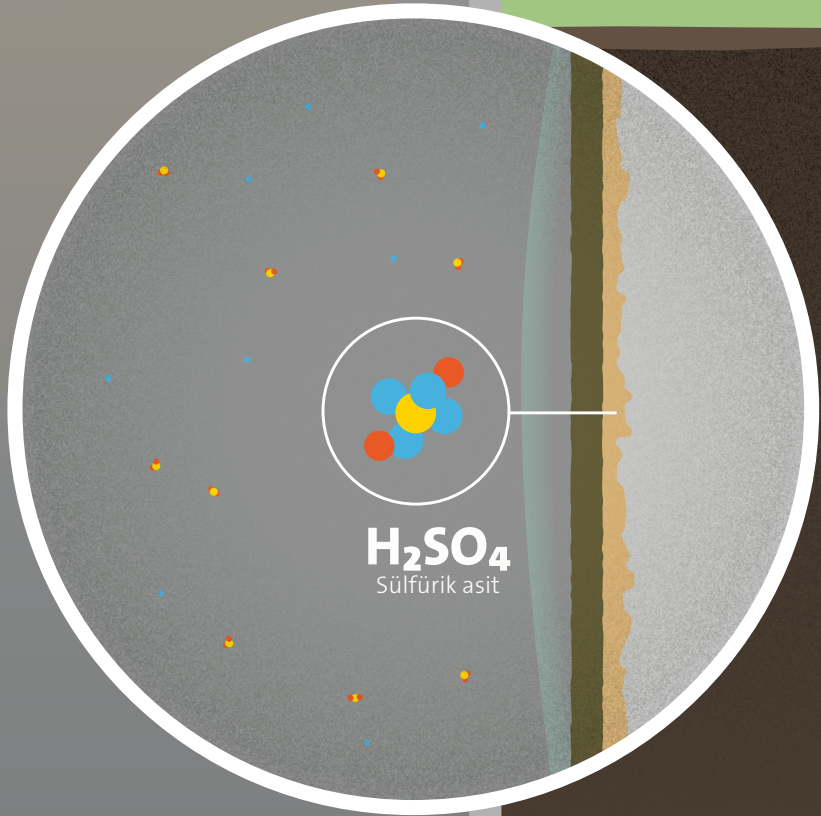
pumpataan tarkastuskaivoon. Tämäntyyppiset toimenpiteet ovat kuitenkin lyhyitä ja kestävät vain muutaman sekunnin tai minuutin.

Ensimmäisessä pumppausvaiheessa haihtunutta kaasua esiintyy välittömästi, minkä seurauksena syntyy voimakas haju. Kun pumpattu jätevesi siirtyy painovoimaiseen järjestelmään, ilmaan sitoutunut kaasu siirtyy edelleen paineputkeen, jolloin haju poistuu tarkastuskaivosta vähentäen rikkivedyn haihtumista.

Joissakin putkistoissa hajuhaittojen kannalta ratkaisevin tekijä ei ole viipymä, vaan järjestelmässä oleva teollisuuden jätevesi. Tietyytyypiset jätevedet (esim.

elintarviketuotannossa ja orgaanisten materiaalien prosessoinnissa muodostuva jätevesi) tarjoavat otollisemmat olosuhteet rikkivedyn muodostumiselle esimerkiksi orgaanisen aineksen, korkean lämpötilan tai alhaisesta pH-arvosta aiheutuvan suuremman haihtumisen seurauksena.

Hajuhaitat siis vaihtelevat ajan mittaan ja riippuvat niin säästä kuin teollisuuden harmaaveden kaltaisista muista tekijöistä. Rikkivedyn aiheuttamien ongelmien syyt voidaan selvittää tarkastelemalla järjestelmiä sekä jäteveden tyyppejä ja viipymää tarkemmin.





# Korroosio



Kun rikkivetyä on vapautunut ilmaan, se voi poistua vain kemiallisen tai biologisen hapettumisen vaikutuksesta. Tässä prosessissa se muuttuu rikiksi (kellertävän valkoinen aine) tai sulfaatiksi (liuennut veteen).

Metallisilla tai sähköisesti varautuneilla pinnoilla rikki muuttuu usein kellertävän valkoiseksi rikiksi tai mustiksi rikkiyhdisteiksi. Nämä kertymät voivat aiheuttaa sähkökomponenttien oikosulun. Mustat tai punaiset ilmanvaihtoritilät, korroosion syövyttämät riippulukot ja tarkastuskaivojen ruostuneet kannet ovat seurausta rikkivedyn aiheuttamista ongelmista. Nämä asiat voivat aiheuttaa käyttökatkoja ja muita haittoja.

Kaivojen ja jätevesiputkistojen seinämissä voi usein havaita paksun biofilmin. Se sisältää bakteereja, jotka muuttavat rikkivedyn sulfaatiksi. Tämä on huomattava ongelma, koska sulfaatti muuttuu rikkihapoksi sekoituessaan veden kanssa. Rikkihappo saastuu putkiston seinämiin.

Jos putken pinta on betonia, se alkaa mureta korroosion vaikutuksesta. Vauriot voi havaita ohuesta betonimurkerroksesta tai betonin rakenteiden paljastumisesta. Jäteveden ja ilmafaasin väliin muodostuu usein harjanne, mikä on merkki rikkivedyn aiheuttamasta korroosiosta. Edellä kuvattu prosessi voi lyhentää betoniputkien käyttöikää huomattavasti. Joissakin tapauksissa kaivoissa ja putkistoissa saattaa esiintyä murenemista hyvinkin lyhyessä ajassa. Tanskassa on dokumentoitu tapauksia, joissa betoniputket on pitänyt vaihtaa korroosion takia jo 1,5 vuoden kuluttua.

On tärkeää muistaa, että biologinen prosessi, jonka seurauksena rikkihappoa muodostuu, poistaa rikkivetyä jätevesiverkoston ilmasta. Vaikka korroosio aiheuttaa rakenteiden rikkoutumista monissa järjestelmissä, se poistaa myös hajuhaittoja. Vesilaitos saattaa joutua uusien haasteiden eteen sukittuksella toteutetuissa peruskorjatuissa kohteissa, koska rikkivetyä poistuu korroosion vaikutuksesta yhä pienemmässä määrin.

# Kaasufaasimittari

Jotta rikkivedyn aiheuttamien haittojen laajuus voidaan selvittää, kaasun tasoja on mitattava asianmukaisella laitteella.

Grundfos suosittelee käyttämään kaasumittaria, jonka avulla mahdollisia ongelmia voidaan kartoittaa ja dokumentoida.

Mittarilla saadaan tärkeitä tietoja ongelman laajuudesta ja jopa sen aiheuttajasta.

Kaasufaasin rikkivetypitoisuuksien mittauksessa voi esiintyä virheitä useista eri syistä. Virheiden mahdollisuus voidaan kuitenkin välttää mittarin huolellisella asennuksella.

## **Kaasufaasimittarin asennuksen tarkistuslista**

- Kiinnitä mittari hihnaan, jotta se on helposti saatavilla huoltoa varten.
- Aseta mittari mahdollisimman lähellä kaivossa olevan jäteveden pintaa niin, että laite ei pääse uppoamaan jäteveden pinnan noustessa. Näin varmistetaan luotettavat mittaukset, koska pinnoille tapahtuvan imeytymisen ja pumppukaivosta tapahtuvan haihtumisen vaikutus voidaan minimoida.
- Tarkista, että mittarin signaali toimii. Noudata varovaisuutta antennia asennettaessa ja asenna siihen tarvittaessa jatkokappale.
- Aseta mittausväli mahdollisimman lyhyeksi (mittaus 15 sekunnin välein), sillä mittauksen tulee sisältää kaikki pumppukaivon prosessit, jotka ovat yleensä hyvin lyhyitä.



# Menetelmiä rikkivedyn käsittelyyn

## Estäminen

- E** Estäminen nitraatin/ferriraudan (hapettunut) avulla.
- E** Rikkivedyn muodostumisen estäminen tyhjentämällä putki kompressorilla.
- E** Putken seinämässä olevan biofilmin poistaminen putken hoonauksella.

## Poistaminen

- P** Muodostuneen rikkivedyn saostaminen raudan (tai muun metallin) avulla.
- P** pH-arvon nostaminen yli 8,5, jotta rikkivetyä ei vapaudu kaasufaasiin.
- P** Muodostuneen rikkivedyn hapettaminen voimakkailla hapettimilla, kuten vetyperoksidilla, hypokloriitilla, otsonilla tai puhtaalla hapella.
- P** Kaivoihin ja ilmanvaihtoon asennettavat suodatinjärjestelmät poistavat hajuja, mutta eivät estä korroosiota.
- P** Uhrautuvat putkistot.

Ratkaisujen valintaan vaikuttavat järjestelmän rakenne, toteutukseen liittyvät vaihtoehdot ja vesilaitoksen aiemmin käyttämät. Lisäksi on tärkeää tietää, onko tavoitteena estää hajuhaitat vai korrosio.

Seuraavilla sivuilla kuvataan lyhyesti eri ratkaisujen toimintaperiaatteet sekä kunkin vaihtoehdon edut ja mahdolliset haitat.

Annostelussa on tärkeää kiinnittää huomiota siihen, mitä seurauksia kemikaalien lisäämisellä on!

#### **Huomioitavat seikat**

- pH-arvo
- Muutokset jäteveden rakenteessa
- Vaikutukset jätevedenkäsittelylaitoksiin
- Siirtykö ongelma toisaalle?



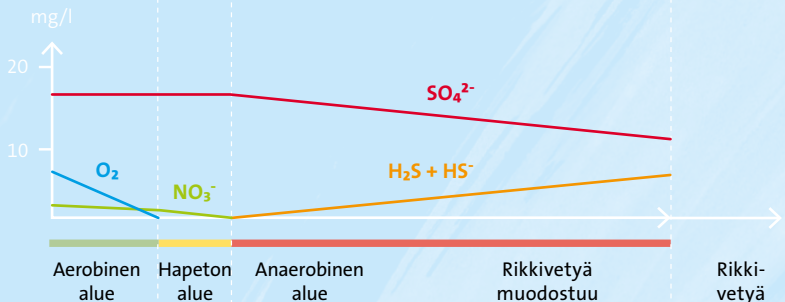
# E Rikkivedyn muodostumisen estäminen nitraatin tai raudan(III) avulla

Rikkivedyn muodostumista on mahdollista estää annostelemalla nitraattia tai hapettunutta rautaa.

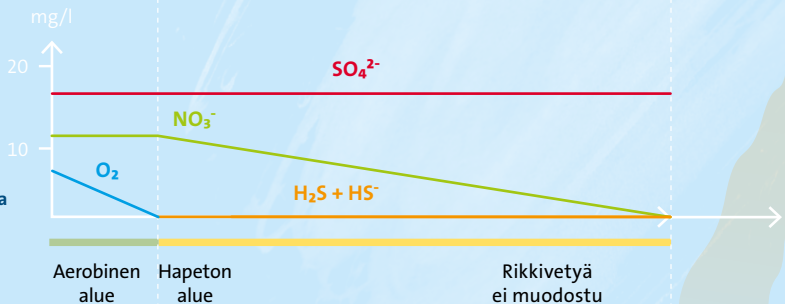
Oheinen kuva havainnollistaa jätevesiverkon eri prosessiolosuhteita. Kun nitraattia tai rautaa(III) annostellaan, putkistoissa olevat bakteerit alkavat käyttää ravinnokseen nitraattia tai rautaa(III) sekä orgaanista ainesta, minkä seurauksena rikkivetyä ei muodostu merkittäviä määriä.

Nitraatilla on myös toinen tärkeä ominaisuus: se estää muiden pahanhajuisten aineiden, kuten rikkiyhdisteiden ja rasvahappojen, muodostumisen. Yksi haittapuoli on kuitenkin se, että prosessit, joiden avulla rikkivedyn muodostuminen estetään poistavat myös orgaanista ainesta, jota tarvitaan tyypen biologiseen poistamiseen jätevedenkäsittelylaitoksen prosessien loppuvaiheessa.

Esimerkki, jossa ei käytetä annostelua



Esimerkki annostelusta, jossa käytetään nitraattia





## **P** Rikkivedyn muodostumisen estäminen nitraatin tai raudan(II) avulla

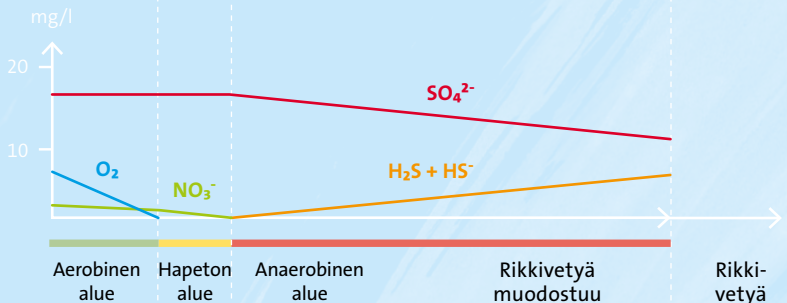
Jos rikkivetyä on muodostunut, sitä voidaan poistaa monella eri tavalla. Rikkivedyn neutraloimiseen vesifaasissa voidaan hyödyntää kemiallista saostusta. Siihen voidaan käyttää rautaa(II), joka on usein taloudellisin vaihtoehto.

Nestemäisessä muodossa oleva rikkivety (HS-) sitoutuu rautaan(II) ja saostuu voimakkaasti liukeneviksi yhdisteiksi. Tämän seurauksena rikkivetyä esiintyy vähemmän kaasuna tai sitä ei esiinny lainkaan, kun jätevettä pumpataan tarkastuskaivoon. Kaasumaisessa muodossa oleva rikkivety muuttuu nestemäiseksi näiden kahden olomuodon välisen tasapainon vaikutuksesta.

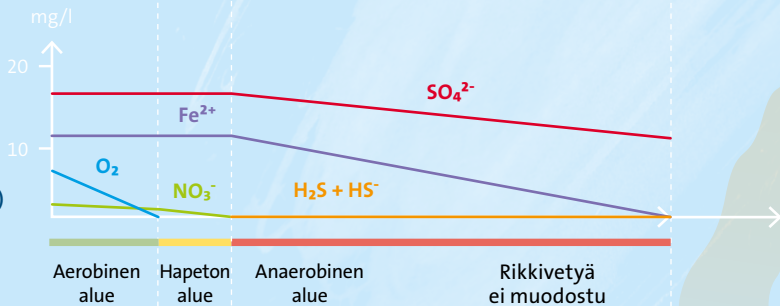
Jos pH-arvo on alhainen (alle 7), suurin osa rikkivedystä on kaasua, jolloin annostellun raudan(II) vaikutus heikkenee. Tämä johtuu monimutkaisista syistä, joita ei ole pystytty täysin selvittämään.

Siksi rikkivedyn poistamisen yhteydessä on ensiarvoisen tärkeää annostella rautaa oikea määrä ja/tai valvoa järjestelmän pH-arvoa tarkasti. Rauta toimitetaan happamana liuoksena, joten sen annostelu alentaa jäteveden pH-arvoa.

Esimerkki, jossa ei käytetä annostelua



Esimerkki annostelusta, jossa käytetään rautaa(II)



## R

# Rikkivedyn hallinta pH-arvojen säätelyllä

Rikkivedyn aiheuttamien ongelmien laajuuteen vaikuttavat monet eri tekijät.

Edellä käsiteltiin sitä, miten turbulenssi, lämpötila ja pH-arvo vaikuttavat rikkivedyn määrään kaasufaasissa. Turbulenssia ja erityisesti pH-arvoa säätämällä kaasun poistaminen voidaan rajata tiettyihin paikkoihin.

Emäksen annostelu nostaa pH-arvoa, minkä seurauksena rikkivety jää vesifaasiin. Vesilaitoksen näkökulmasta voi olla tarpeen ”siirtää ongelma” prosessin toiseen vaiheeseen, jossa hajusta ei ole niin suurta haittaa tai jossa ongelma voidaan ratkaista.

Jos pH-arvo on yli 8,5, kaikki rikkivety jää vesifaasiin. Osa veteen liuenneesta rikkivedystä voidaan hapettaa järjestelmässä alavirran puolella lisäämällä happia jätevesiverkoston

painovoimaiseen osaan. Vesilaitoksen tulee kuitenkin huomioida se, että pH-arvoa on laskettava jätevedenpuhdistamon sisääntulossa asianmukaisten käsittelyprosessien varmistamiseksi. Tässä yhteydessä rikkivedystä voi kuitenkin muodostua merkittäviä haittoja.

Rikkivedyn biologisen käsittelyn, ilmanvaihtoratkaisujen tai putkistojen lisäksi voidaan hyödyntää myös hapon lisäämistä pieninä määrinä. Näin voidaan varmistaa, että haihtumista tapahtuu riittävästi ja että valittu ratkaisu toimii optimaalisesti.

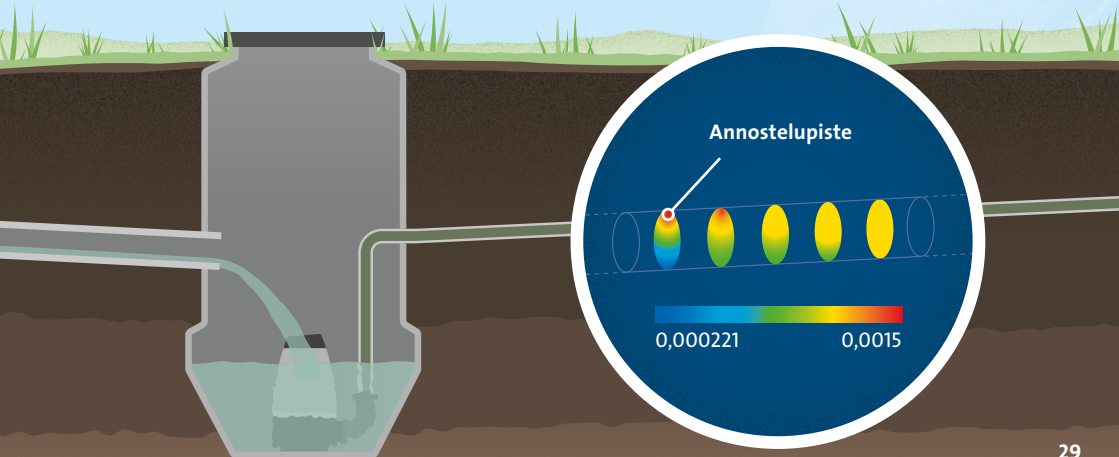
Rikkivedyn muodostumista voidaan estää myös annostelemalla lipeää shokkikäsittelyllä. Äkillinen pH-arvon nousu tappaa putkiston seinämissä olevan biofilmin estäen rikkivedyn muodostumisen. Tähän menetelmään ei paneuduta tarkemmin tässä esitteessä.

# Kemikaalien asianmukainen annostelu

Asianmukainen annostelu on ensiarvoisen tärkeää kemikaalien optimaalisen vaikutuksen kannalta, riippumatta siitä, mitä kemikaalia poistossa tai estämisessä käytetään. Grundfos suosittelee annostelemaan kemikaalit suoraan pumpun alavirran puolella olevaan paineputkeen pumpun käydessä. Tämä asettaa tiukkoja vaatimuksia annostelupumpulle ja saattaa edellyttää putken suojaamista annosteltujen kemikaalien vaikutuksilta.

Kuvatun menetelmän avulla voidaan varmistaa, että kemikaali sekoittuu jäteveteen täysin, jolloin saavutetaan optimaalinen vaikutus.

Grundfos on määrittänyt laskennallisen CFD-mallinnuksen avulla, että annostellun kemikaalin täydellinen sekoittuminen voidaan varmistaa sellaisella etäisyydellä, joka vastaa noin kaksinkertaista putken halkaisijaa annostelupisteestä katsottuna pumpun käydessä.



# Muut menetelmät

Rikkivedyn muodostumista voidaan hallita useilla eri menetelmillä.

## **P** Hapetus vahvoilla hapettimilla

Rikkivetyä voidaan muuttaa rikiksi tai rikkihapoksi vesifaasissa useiden vahvojen hapettimien (esim. vetyperoksidi, hypokloriitti, otsoni ja puhdas happi) avulla.

Otsonia ja puhdasta happea voi olla hankala tuottaa käyttökohteessa, koska se edellyttää mittavia järjestelmiä ja on energiankulutuksen suhteen kallista.

Vetyperoksidin ja hypokloriitin käyttö on sen sijaan suhteellisen edullista. Nämä menetelmät soveltuvat erityisesti tilanteisiin, joissa ongelmat on pyrittävä ratkaisemaan nopeasti. Esimerkkinä mainittakoon teollisuuden harmaaavesi. Tämän menetelmän avulla estetään hajuhaitat ja korrosio.

## **E** Ilmaa hyödyntävät kompressoriratkaisut

Jos jätevesi viiptyy putkistossa pitkään, voidaan käyttää kompressoriratkaisua, jonka avulla putkistoon pumpataan jäteveden lisäksi myös ilmaa. Pumpausta voidaan tarvittaessa ohjata ajastimella. Näin biofilmiin lisätään happea sisältävää ilmaa, jolloin ilman tilavuus kasvaa ja viiptymä lyhenee. Molemmilla keinoilla voidaan vähentää rikkivedyn muodostumista. Haittapuolena järjestelmään muodostuu ilmataskuja, jotka voivat haitata pumpun toimintaa ja hydrauliikkaa.



## **R** Biologinen poistaminen ilmansuodattimien avulla

Kun ilmaa puhdistetaan biologisilla suodattimilla, rikkivetyä sisältävä ilma kulkee biologisen suodattimen läpi. Sen kosteissa olosuhteissa (esim. kaarnalastut tai Leca<sup>®</sup>-pelletit) kasvaa bakteereja, minkä vaikutuksesta pahanhajuiset aineet muuttuvat hajuttomiksi. Täytäntötyyppisten suodattimien asennus on suhteellisen kallista, mutta ne ovat erittäin kestäviä ja käyttökustannuksiltaan edullisia. Tämän menetelmän haasteellisuus piilee siinä, että suurimman osan rikkivedystä on oltava kaasumaisessa muodossa, jotta se voidaan poistaa täytäntötyyppisen biologisen ratkaisun avulla.

## **R** Putkistot

Putki on betoniputki, joka saa altistua korroosiolle. Tässä menetelmässä rikkivety muutetaan rikkihapoksi ennalta määritetyssä putkistossa. Pahanhajuinen rikkivety poistetaan ilmasta ja korroosiota tapahtuu hallituissa olosuhteissa. Jos putkistossa on riittävästi hapetta,

myös rikkiä muodostuu. Rikkivedyn on oltava kaasumaisessa muodossa, jotta se voi muuttua rikkihapoksi uhrautuvan putkiston seinämien biofilmissä. Putkisto tulee myös sijoittaa paikkaan, jossa ymmärretään ajoittaiset hajuhaitat.

## **R** Muodostuneen kaasun kapselointi

Kapselointi tarkoittaa menetelmää, jossa tarkastuskaivo tiivistetään kumilaiipoilla tai käyttökohteeseen asennetaan hiilisuodatint rikkivedyn poistamiseksi poistoilmasta. Näillä menetelmillä ongelma voidaan ratkaista helposti ja nopeasti. Hajuhaittoihin liittyvät ongelmat pystytään ratkaisemaan melko tehokkaasti prosessin alussa. Vesilaitoksen osalta tämä merkitsee sitä, että suodattimet on huollettava ja/tai vaihdettava tiheään. Tämä ratkaisu ei estä korroosiota.

Seuraavassa on yleiskuva kunkin menetelmän eduista ja haitoista.

# Yleiskatsaus eri menetelmistä, joiden avulla rikkivetyä voidaan poistaa tai sen muodostuminen voidaan estää

	Estäminen pH-arvon säädöllä	Estäminen putken puhdistuksella	Estäminen ilmaa lisäämällä
Edut	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tehokas</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tehokas</li><li>• Poistaa putkistosta myös muita kertymiä</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Helppo toteuttaa</li><li>• Pumpaamossa ei tarvita kemikaaleja</li></ul>
Haitat	<ul style="list-style-type: none"><li>• Saattaa siirtää ongelman järjestelmän toiseen osaan, jos pH-arvo laskee myöhemmin</li><li>• Annostelu on toistettava, jos biofilmi muodostuu uudelleen</li><li>• Voi olla haasteellinen jätevedenkäsittelylaitoksen prosessien suhteen</li><li>• Terveysten ja turvallisuuteen liittyvät seikat</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tukkeutumisriski</li><li>• Toistettava usein, joskus viikoittain</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ilmataskujen aiheuttamat hydrauliiikkaongelmat</li><li>• Nopeuttaa helposti hajoavan orgaanisen aineksen hajoamista</li><li>• Saattaa johtaa muiden bakteerien kasvuun ja biofilmin paksuuntumiseen tai putkiston karheutumiseen</li></ul>

Alla olevassa taulukossa kuvataan eri menetelmiä, joiden avulla rikkivetyä voidaan poistaa tai sen muodostuminen voidaan estää. Kunkin vaihtoehdon edut ja haitat on mainittu. Taulukko ei anna tyhjentäviä tietoja kaikista menetelmistä, koska vesilaitosten päivittäisissä prosesseissa ja niiden käyttämien kemikaalien hinnoissa voi olla suuriakin eroja. Taulukkoa voidaan pitää lähtökohtana sopivasta ratkaisusta neuvoteltaessa.

Estäminen nitraatin avulla	Poistaminen kemiallisella saostuksella	Poistaminen biologisella ilmanpuhdistuksella
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Helppo toteuttaa</li> <li>• Estää rikkivedyn (H<sub>2</sub>S) muodostumisen</li> <li>• Tehooa rikkivedyn lisäksi myös muihin hajuhaittoja aiheuttaviin aineisiin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Helppo toteuttaa</li> <li>• Raudan lisääminen voi tehostaa fosforin saostusta jätevedenkäsittelylaitoksessa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tehooa rikkivedyn lisäksi myös muihin hajuhaittoja aiheuttaviin aineisiin</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nopeuttaa helposti hajoavan orgaanisen aineksen hajoamista</li> <li>• Saattaa johtaa muiden bakteerien kasvuun ja biofilmin paksuuntumiseen tai putkiston karheutumiseen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ei tehoa alhaisilla pH-arvoilla</li> <li>• Alentaa jäteveden pH-arvoa</li> <li>• Tuottaa kemikaaleja sisältävää liettä</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ei estä korroosiota</li> <li>• Edellyttää usein mittavia järjestelmiä</li> </ul>

# Haluatko lisätietoja?

Rikkivetyyn liittyvät haitat ovat moninaiset ja vaihtelevat eri käyttökohteissa. Siksi tässä esitteessä olevia määritelmiä ja kuvia ei voida soveltaa suoraan kaikissa tilanteissa.

Tässä esitteessä ei anneta ohjeita tiettyyn pukistoon tai käyttökohteeseen sopivan ratkaisun valintaan. Tämä edellyttäisi yksityiskohtaisia tietoja vesilaitoksen päivittäisistä prosesseista ja rikkivedyn muodostumisen mahdollisista syistä yksittäisissä järjestelmissä.

Grundfosilta saat apua rikkivedyn aiheuttamiin haittoihin liittyvissä asioissa. Ota yhteyttä, niin autamme sinua parhaamme mukaan.



## Kiitokset

Haluamme kiittää Aalborgin yliopiston professori Jes Vollertseniä johdannosta ja korjauksista.

## Tekijät

Bruno Kiilerich, kehitysinsinööri  
Martin Lyngsø, projekti-insinööri  
Christian Schou, sovelluspäällikkö

## Lähteet

- Hvitved-Jacobsen, T., Vollertsen, J. & Nielsen, A.H., 2013. Sewer Processes - Microbial and Chemical Process Engineering of Sewer Networks, CRC press, ISBN: 9781439881781.
- Apgar, D. & Witherspoon, J., 2007. Minimization of Odors and Corrosion in Collection Systems Phase 1, WERF, IWA Publishing, ISBN: 1-84339-791-9.
- EPA, Design Manual, Odor and corrosion Control in Sanitary Sewerage Systems and Treatment Plants, EPA/625/1-85/018.
- Order no. 473 of the Danish Working Environment Authority, 7 October 1983, C.03.
- DS/EN 752, "Drain and sewer systems outside buildings".
- Guideline C.03 on Substances and Materials of the Danish Working Environment Authority.



be think innovate



**OY Grundfos AB**  
Trukkikuja 1  
01360 Vantaa  
Puh. +358 (0) 207 889 500  
[www.grundfos.fi](http://www.grundfos.fi)

**GRUNDFOS** 

9.956295.0816 / Kansainvälinen  
Vesilaitosten markkinasegmentti / 1/21

Grundfos, Grundfos-logoa ja "be think innovate" ovat Grundfos Holding A/S:n tai Grundfos A/S Denmarkin omistamia ja rekisteröimiä tavaramerkkejä. Kaikki oikeudet pidätetään maailmanlaajuisesti.