

Juha Ahvenlampi

Hapanvesiyksikkö neljän kapasiteettiongelma

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kemiantekniikka

Insinöörityö

4.4.2015

Tekijä(t) Otsikko	Juha Ahvenlampi Hapanvesiyksikkö neljän kapasiteettiongelma
Sivumäärä Aika	28 sivua + 2 liitettä 4.4.2015
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kemiantekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	
Ohjaaja(t)	Opettaja Juhatuomas Vuorisalo Kehityspäällikkö Marja Sarikkola Käyttöpäällikkö Juha Voutilainen
<p>Työ on tehty Neste Oilin Porvoon öljynjalostamolle. Insinööritöiden tarkoituksena on selvittää hapanvesiyksikkö neljässä havaittua kapasiteettiongelmaa hapanveden määrästä johtuvan ylikuorman takia. Työssä tarkastellaan uusia tapoja tai vaihtoehtoja jalostamon hapanvesien siirtämiselle ja hapanvesiyksikkö neljän kapasiteettikuorman helpottamiselle. Hapanvedet syntyvät öljynjalostuksen eri vaiheissa. Tässä työssä selvitetään hapanvesilähteet jalostamolla ja analysoidaan niiden epäpuhtaudet. Tällä tavalla voidaan erottaa hapanvedet toisistaan ja tunnistaa vedet, joita voitaisiin mahdollisuuksien mukaan joko johtaa esimerkiksi jätevesilaitokselle tai uudelleen käyttää jalostamon prosessien eri vaiheissa.</p> <p>Myöhemmin työssä selvitettiin tarkemmin tuotantolinjojen 1 - 3 alueen prosessiyksiköiden hapanvesiä. Tarkastelussa olivat tarvittavien putkistomuutosten rakentaminen ja epäpuhtauksien jätevesilaitokselle aiheuttamat vaikutukset.</p> <p>Analyysien tarkastelun jälkeen pystyttiin löytämään hapanvesivirtoja, jotka ovat riittävän puhtaita johdettavaksi esimerkiksi suoraan jätevesilaitokselle ja näin helpottaa hapanvesiyksikkö neljän kapasiteettia.</p> <p>Tuotantolinja yhden prosessien tuottamista hapanvesistä olisi mahdollista johtaa osa suoraan jätevesilaitokselle, jolloin hapanvesiyksikkö neljälle saavutettava hyöty hapanvesikuorman laskemisella olisi noin 7,5 prosenttia.</p> <p>Tuotantolinja kolmosella sijaitsevan suolanpoistojärjestelmän tuottama hapanvesi olisi mahdollista hyödyntää suoraan raakaöljyn tislauksyksikössä. Parhaimmillaan saavutettava hyöty hapanvesiyksikkö neljässä hapanvesikuorman laskemisella olisi noin 20 prosenttia. Tämä edellyttäisi kuitenkin tarkempaa jatkoselvitystä sekä suolanpoistimien että jätevesilaitoksen toiminnasta.</p> <p>Selvityksessä kävi ilmi, että olisi hyvä mahdollistaa hapanvesien ajaminen hapanvesiyksikköjen välillä. Tämä mahdollistaisi hapanvesikuorman jakamisen ja näin helpottaisi hapanvesiyksikkö neljän kapasiteettia. Jotta yhdistämisestä saataisiin konkreettinen hyöty, tämä edellyttäisi kapasiteetinnostoprojektin toteuttamista hapanvesiyksikkö viidessä.</p>	
Avainsanat	Hapanvesiyksikkö, hapanvesi, analyysit, suolanpoisto

Author(s) Title	Juha Ahvenlampi Capacity problem in the sour water unit four
Number of Pages Date	28 pages + 2 appendices 4 April 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Chemical Engineering
Specialisation option	
Instructor(s)	Juhatuomas Vuorisalo, Teacher Marja Sarikkola, Development Manager Juha Voutilainen, Plant Manager
<p>The thesis was made for the Neste Oil refinery in Porvoo, Finland. The objective of this Bachelor of Engineering thesis was to find solutions to the capacity problem in the Sour Water Unit 4 caused by the overload of sour waters. The thesis studied new ways or alternatives in transferring the refinery sour water which would lead to the facilitation of the sour water stripping capacity of Unit 4. The sour waters are formed in various phases of the refinery process. During the thesis project, the refinery sour water sources were identified and their impurities were analyzed. In this way, the sour waters from different origins could be separated from each other and those waters that could be either led to the wastewater treatment plant or re-used in the refinery process at different stages would be identified.</p> <p>The sour waters of the area of Production Lines 1 - 3 process units were also studied in the thesis. The focus was on the construction of the necessary piping modifications and on the identification of the effects of the wastewater on the treatment plant.</p> <p>On basis of the analysis, it was possible to identify those sour water streams that were clean enough to be led directly, for example, to the wastewater treatment plant and in this way facilitate the sour water stripping capacity of Unit 4.</p> <p>It was found out that part of the sour waters of Production Line 1 could be led directly to the wastewater treatment plant, which would then benefit Sour Water Unit 4 by reducing its load of sour waters by 7.5 per cent.</p> <p>The sour water produced by the desalination system in Production Line 5 could be used directly in the crude oil distillation unit. At its best, the benefit of the reduction of the sour water to Sour Water Unit 4 could be 20 per cent. However, this would require more detailed studies on both the desalting and the Wastewater Treatment Plant activities.</p> <p>The analysis revealed that it would be beneficial to allow the sour waters run between different sour water units. This would lead to the sharing of the sour water load and thus supports the capacity of Sour Water Unit 4. In order to achieve tangible benefits, a capacity lifting project is required in Sour Water Unit 5.</p>	
Keywords	Sour water unit, sour water, analyses, desalting

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Jalostamon yleisesittely	2
3	Hapanvesi	3
3.1	Hapanvesien lähteet	4
3.1.1	Hapanvesien käsittely strippaamalla	4
3.1.2	Pesut	5
3.2	Hapanvesien laatu	6
3.3	Hapanvedet hapanvesiyksikkö neljään, (HVV4)	7
3.4	Hapanvedet hapanvesiyksikkö viiteen, (HVV5)	8
4	Hapanvesiyksikkö 4 ja 5	8
4.1	Hapanvesiyksikkö 4	8
4.2	Hapanvesiyksikkö 5	9
4.3	Hapanvesiyksikkö 5:n kapasiteetin nosto	9
5	Hapanvesien analysointi / näytteenotto	10
5.1	Analyysit	10
5.2	Analyysien tarkastelu	13
5.2.1	Jalostamon vähärikkinen ajo-ohjelma	13
5.2.2	Jalostamon rikillinen ajo-ohjelma	13
6	Hapanvesikuorman siirtäminen	14
6.1	Suolanpoisto	14
6.2	Hapanvesien jakaminen hapanvesiyksikköjen välillä	15
6.3	Tuotantolinja yhden hapanvesien johtaminen jätevesilaitokselle	16
7	Mahdollinen vesien uudelleenkäyttö	16
7.1	Jätevesilaitos	17
7.2	Hapanvesilaitosten hapanvesien kuorman jakaminen	18
7.3	Kaasuöljyn aromaattien poistoyksikön hapanvedet (KAAPO)	19
7.4	Kaasuöljyn jakotislauksen hapanvedet (KTY)	20
7.5	Vetykrakkauksen tyhjötislauksen hapanvedet (VKT)	22

7.6	Raakaöljyn tislauksen hapanvesien hyödyntäminen suolanpoistossa (RT)	24
8	Yhteenveto	27
	Lähteet	28
	Liitteet	
	Liite 1. Hapanvesimäärät tuotantolinjoilta 1 - 3	
	Liite 2. Hapanvesien analyysit	

Lyhenteet

API-altaat	Öljynerotusaltaat, mekaaninen öljynerotusprosessi.
COD	Kemiallisen hapen kulutusta kuvaava analyysi
HVY4	Hapanvesiyksikkö neljä.
HVY5	Hapanvesiyksikkö viisi.
KAAPO	Kaasuöljyn aromaattien poistoyksikkö.
KTY	Kaasuöljyn jakotislausyksikkö.
PPM	miljoonasosa
RT	Raakaöljyn tislaus.
VK	Vetykrakkaus
VKT	Vetykrakkauksen tyhjötislaus.

1 Johdanto

Tämän työn tarkoituksena on selvittää hapanvesiyksikkö neljässä havaittua kapasiteettiongelmia. Työssä tarkastellaan uusia tapoja tai vaihtoehtoja jalostamon hapanvesien siirtämiselle ja hapanvesiyksikkö neljän kapasiteettikuorman helpottamiselle. Työssä selvitetään hapanvesilähteet jalostamolla ja analysoidaan niiden epäpuhtaudet. Tällä tavalla voidaan erottaa hapanvedet toisistaan ja tunnistaa vedet, joita voitaisiin mahdollisuuksien mukaan joko johtaa esimerkiksi jätevesilaitokselle tai uudelleen käyttää jalostamon prosessien eri vaiheissa.

Porvoon jalostamolla on kaksi eri hapanvesiyksikköä, joissa käsitellään hapanvesiä. Vanhan ajattelutavan mukaan kaikki jalostamon hapanvedet johdetaan hapanvesiyksiköihin epäpuhtauksista riippumatta. Älittää vanhin hapanvesiyksikkö neljä käsittelee niin sanotun kantajalostamon alueen hapanvesiä, johon tämän työn pääpaino sijoittuu. Hapanvesiyksikkö viisi on rakennettu lähinnä tuotantolinja neljän hapanvesien käsitteilyyn. Molemmat hapanvesiyksiköt sijaitsevat samalla tuotantolinja kahden alueella. Tässä työssä tarkastellaan myöskin mahdollisuuksia näiden kahden hapanvesiyksikön yhdistämistä siten, että voidaan johtaa hapanvesiä yksiköiden välillä.

Hapanvesikapasiteettia Porvoon jalostamolla on tutkittu suhteellisen vähän. Edellinen selvitys on tehty sisäisesti vuonna 2007. Raportissa havaittuja ongelmakohtia on edelleen. Tuotantolinjoilla ei olla täysin selvillä kapasiteettiongelmista eikä hapanvesien koostumuksesta. Raporttia voidaan osittain hyödyntää tässä työssä muun muassa vertailemalla laboratoriotuloksia keskenään.

Työn tarkoituksena on tutkia, onko hapanvesiyksiköiden yhdistäminen mahdollista ja voidaanko kapasiteettia jakaa yksiköiden välillä. Lisäksi tarkastellaan hapanvesien koostumusta epäpuhtauksien suhteen, voidaanko hapanvesiä johtaa suoraan jätevesilaitokselle ja missä määrin.

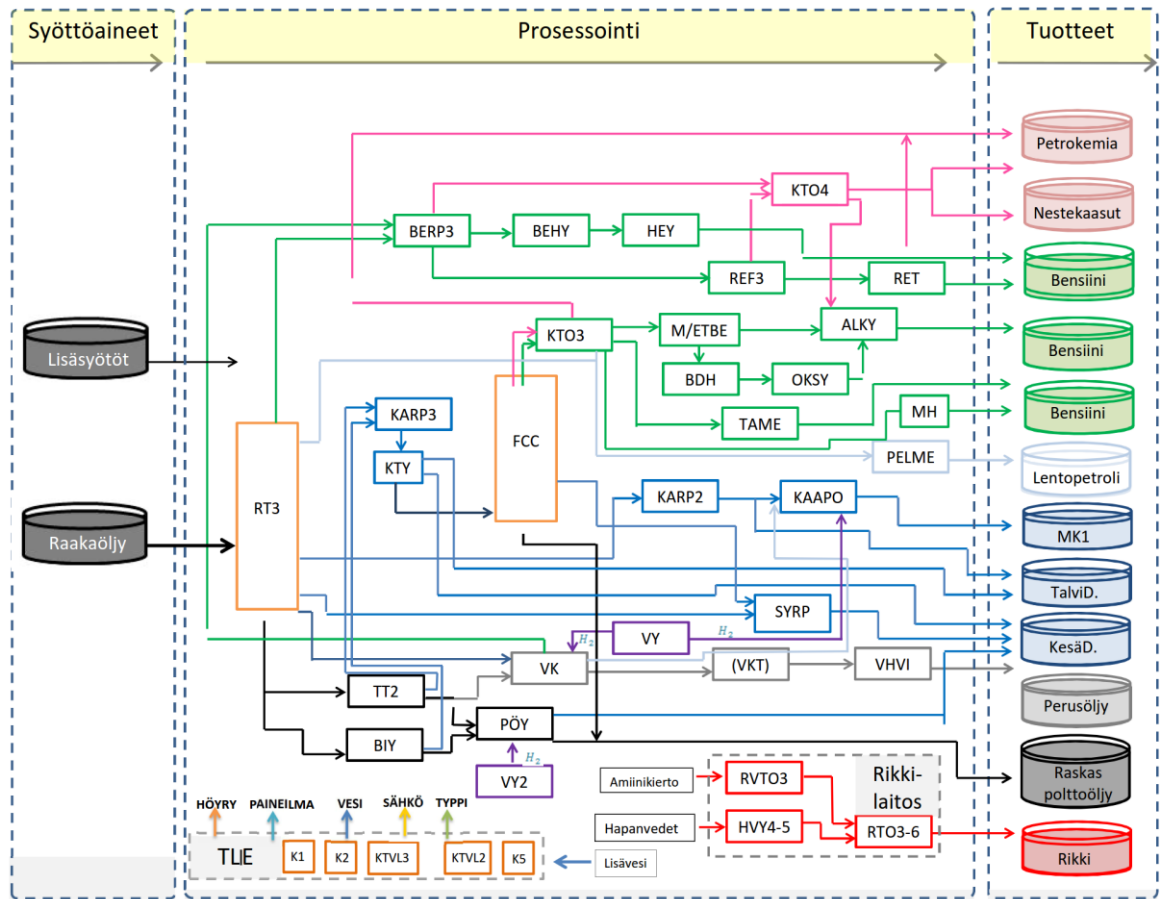
Selvitys käynnistyi havaituista kapasiteettiongelmista. Työn pohjana on vuonna 2007 tehty raportti hapanvesistä. Laboratorioanalyysien havaintojen perusteella voitiin tunnistaa hapanvesivirtoja, joita tarkasteltiin tarkemmin mahdollisen hapanvesien uudelleen käyttöä. Työssä arvioidaan erilaisia ratkaisuvaihtoehtoja.

Hapanvesiyksikkö viiden tarkempia hapanvesien määriä prosessiyksikkökohtaisesti tässä työssä ei käsitellä.

2 Jalostamon yleisesittely

Porvoon jalostamolla on neljä tuotantolinjaa, joiden prosessiyksiköissä käsitellään jalostamolle ostettua raakaöljyä ja raakaöljyn jakeita. Raakaöljyä käsitellään jalostamon eri prosessiyksiköissä. Karkeasti eroteltuna tämä käsittää erotusprosessin, muokkausprosessin ja puhdistusprosessin. Raakaöljyn jakeet erotetaan toisistaan ja niiden ominaisuuksia parannetaan. Tämän jälkeen saaduista komponenteista valmistetaan lukuisia tuotteita liikenteen ja teollisuuden käyttöön. Tuoteskaalana on aina nestekaasuista raskaaseen polttoöljyyn. Sivutuotteina syntyy esimerkiksi kevytkaasuja, joista voidaan käyttää etaania ja eteeniä jatkojalostuksen jälkeen muovinvalmistuksessa sekä metaania uunien polttoaineena. Raskaan sivujakeen hyötykäytössä, esimerkiksi bitumin jakeita voidaan käyttää asfaltin valmistuksessa tai jopa rakennusteollisuudessa. Raakaöljyn sisältävän orgaanisesti sitoutuneen rikin erottaminen kuuluu puhdistusprosesseihin, jonka lopputuotteena syntyy puhdasta alkuainerikkiä.

Tuotantolinjoja ei voida jakaa tehtävien mukaan, koska tuotantolinjoilla olevia prosessiyksiköitä on rakennettu aina sen hetkisen tarpeen mukaan, mitä on tunnistettu markkinatilanteiden muuttuessa. Kuvassa 1 on esitetty Porvoon jalostamo tuoteketjujen mukaan, joka auttaa ymmärtämään tuoteketjuja ja prosessiyksiköitä.



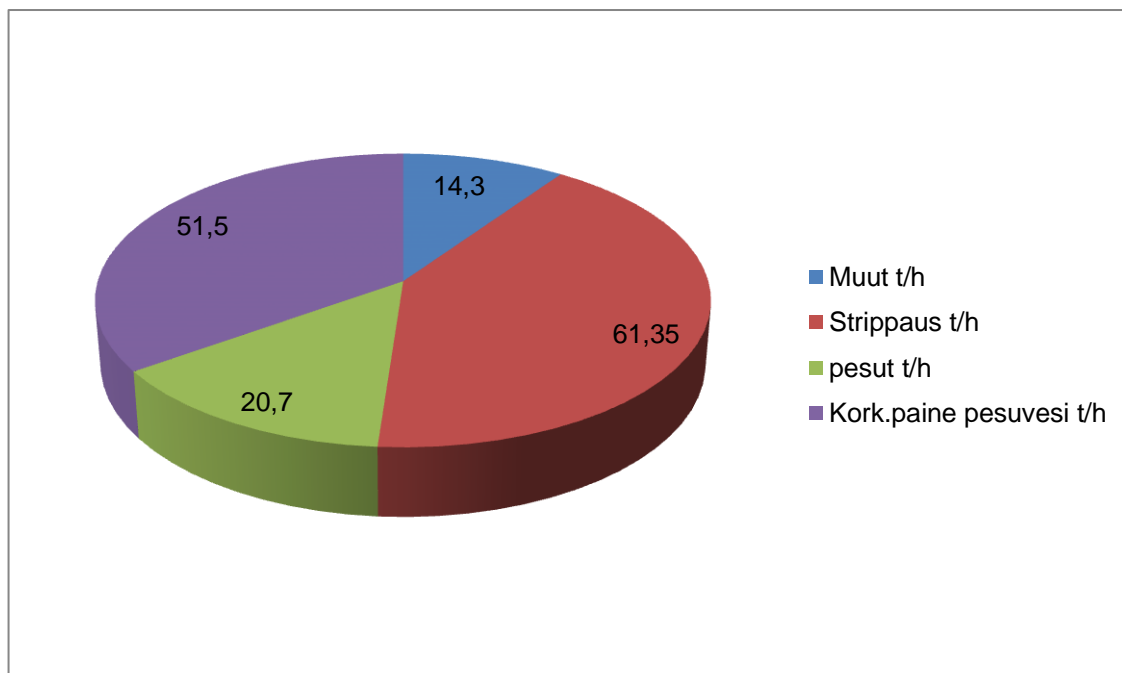
Kuva 1. Jalostamo esitettynä lohkokkaavioin.

3 Hapanvesi

Öljynjalostamon prosessivesiä kutsutaan hapanvesiksi. Epäpuhtaudet vedessä ovat yleensä veteen sitoutuneita kaasuja ja suspensoituneita kiintoaineita. Sitoutuneet kaasut antavat vedelle epämiellyttävän hajun ja osa on myös myrkyllistä. Epäpuhtaudet ovat pääosin rikkivetyä ja ammoniakkia. Vesissä on myös paljon muitakin yhdisteitä, jotka on välttämätöntä poistaa vedestä ennen veden laskemista luontoon. Tätä varten vedet ohjataan hapanvesikäsitelyyn tarkoitettuun prosessiyksikköön, jossa vedet esikäsitellään strippausmenetelmällä epäpuhtauksien poistamiseksi. Tämän jälkeen strippauksessa erottuneet kaasut käsitellään erikseen rikin talteenotto-prosessissa ja puhdistettu vesi ohjataan jäteveden käsittelyyn edelleen puhdistettavaksi, kuten kuvissa yksi ja kolme on esitetty. (kuva 1. ,3.)

3.1 Hapanvesien lähteet

Yleisimmin hapanvedet syntyvät öljynjalostuksen prosessien eri vaiheissa. Vedet voidaan näin jaotella kolmeen merkittävään ryhmään. Korkeassa paineessa olevia ilmajäädyttimien tuubien pesuvesiin, strippaushöyryistä syntyviin vesiin ja eritarkoituksiin käytettäviin pesuvesiin (Kuva 2.). Loput hapanvesistä syntyvät esimerkiksi katalyytin kantohöyryistä, ejektorivesistä ja raakaöljyn mukana tulevista vesistä.



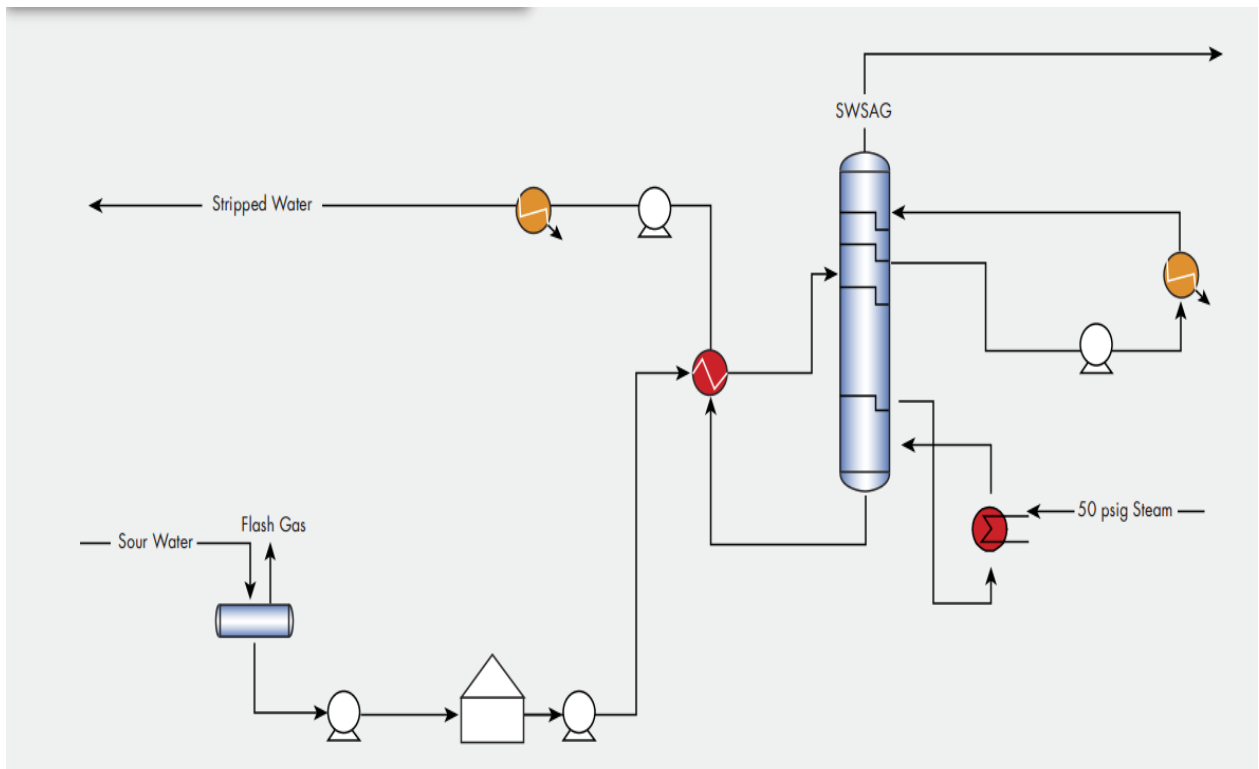
Kuva 2. Hapanvesien jaottelu.

3.1.1 Hapanvesien käsittely strippaamalla

Stripperinimitys tulee englannin kielen sanasta ”stripping”, jolla tarkoitetaan helpoiten haihtuvien aineiden erottamista. Tämä on yleinen prosessinvaihe tuotteiden käsittelyssä öljynjalostamolla. Tarkoituksena on erottaa matalimmissa lämpötiloissa kiehuvat komponentit tuotevirroista ja näin parantaa haluttua tislaukskäyrää. [1] Stripperiin (Kuva 3.) syöttö ajetaan syötön esilämmittimen kautta kolonnin yläosaan. Varsinainen strippaushöyry ajetaan kolonnin pohjaosaan, jolla saadaan aikaan vastakkainen virtaus syötölle ja höyrylle. Strippauskolonnissa voidaan käyttää erityyppisiä välipohjia tavoitteena saada neste- ja kaasufaasin välille mahdollisimman paljon kosketuspinta-alaa. Kaasut jäähdytetään vesilämmönvaihtimessa ja johdetaan ylimenosäiliöön, jossa erote-

taan vesi ja hiilivedyt. Kolonnin pohjaosasta lähtevä tuote ajetaan seuraavaan prosessivaiheeseen. Kun käytetään höyryä strippaamisessa, saadaan hyvä haihtuvuus ja edullisempi tapa stripata kuin käyttäessä erillistä pohjankiehutinta.

Hapanvesien käsittelyyn tarkoitetuissa prosesseissa strippaamista käytetään rikkivedyn ja keveiden hiilivetyjen erottamiseen. Tällöin ylimenosäiliöstä erotettu vesi toimii stripperin huipunpalautuksena ja vedestä erotettu rikkivety jatkokäsitellään rikin talteenottoyksiköissä.



Kuva 3. Esimerkki strippauskolonnista. [1]

3.1.2 Pesut

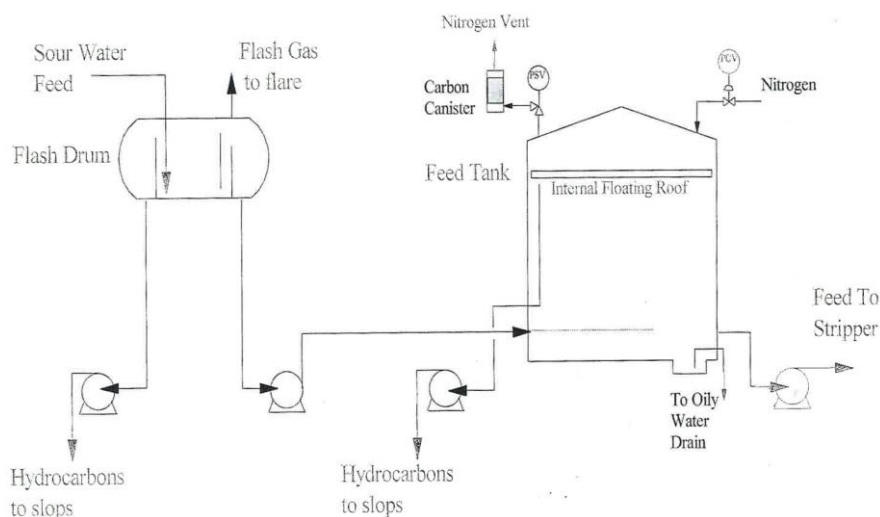
Merkittävin määrä pesuista syntyvistä hapanvesistä muodostuu ilmajäähdyttimien ja joissain tapauksissa lämmönvaihtimien injektoidusta pesuvedestä, jolla pystytään estämään ammoniumbisulfidin ja ammoniumkloridin kiteytyminen kylmille pinnoille. Tämä voi aiheuttaa ilmajäähdyttimien tai lämmönvaihtimien tuubien tukkeutumisen. Suolat liukenevat injektioveteen, jonka jälkeen prosessin myöhemmässä vaiheessa vesi erote-

taan prosessituotteesta ja ajetaan hapanvesikäsitelyyn tarkoitettuun prosessiyksikköön.

Vettä käytetään myös tuotteiden pesuun, jolla saadaan ei-toivotut yhdisteet erotettua tuotteesta. Näitä esimerkiksi ovat stabiloimattoman bensiinin rikkivedyn ja ammoniakin erottamiseen bensiinistä lämpötilan ja paineen avulla.

3.2 Hapanvesien laatu

Tuotantolinjakohtaisesti hapanvedet kerätään prosesseista keräilyssäiliöön (Kuva 4.), jossa kevyemmät hiilivedyt paineenalennuksen avulla erotetaan hapanvedestä. Tässä työssä tehdyissä analyyseissä painotettiin rikkivedyn ja ammoniakin pitoisuuksia, jotka ovat määrääviä yhdisteitä hapanvesiyksiköiden jälkeisessä rikintalteenottoyksiköissä. Suurimmat pitoisuudet syntyvät kaasuöljynrikinpoistoyksiköissä, joissa pitoisuudet voivat nousta jalostamon raakaöljynrikistä riippuen jopa tuhansiin milligrammoihin litrassa. Yhdisteitä, joita esiintyy edellä mainittujen lisäksi, merkittävämpiä ovat veteen sitoutuneet hiilivedyt, alkoholit kuten etanoli ja metanoli sekä myös putkiston ja kolonneiden materiaaleihin korroosion kautta vaikuttavat erilaiset kloridit kuten ammoniumkloridi. Hapanvedet voivat myös sisältää pieniä pitoisuuksia fenoleita, bentseeniä ja syanidia.



Kuva 4. Hapanvedet Flash säiliöstä, hapanvesiyksikön syöttösäiliöön. [2, s. 410] Hapanvedet, hapanvesiyksikkö neljään, (HVV4)

3.3 Hapanvedet hapanvesiyksikkö neljään, (HVV4)

Hapanvedet hapanvesiyksikkö neljään tulevat niin sanotun kantajalostamon puolelta, joka tarkoittaa jalostamon tuotantolinjojen 1 - 3 aluetta. Hapanvesimääriä on pyritty optimoimaan hapanvesiyksikkö neljän kapasiteettirajoitteiden takia. Hapanvesien määrä on tähän asti vähennetty lähinnä vain minimoimalla strippauksista ja pesuista tulevia hapanvesiä.

Tuotantolinja yhden suurimmat hapanvesimäärät tulevat hapanvesiyksikkö neljään vetykrakkausyksiköstä, joka on noin 20 t/h. Kaasuöljyntislausyksikön kahdesta eri vaiheesta tulevia hapanvesiä kertyy yhteensä noin 11 t/h. Hapanvesien määrät tuotantolinjan yhden alueelta ovat vähäisimpiä Porvoon jalostamolla verrattuna muihin, mikä tarkoittaa noin 36 t / h:ssa (Liite 1.).

Tuotantolinja kahden suurimmat hapanvesiyksikkö neljään tulevat hapanvedet muodostuvat kaasuöljynrikinpoistoyksikön ilmajäähdyttimen pesuvesistä noin 12 t/h ja leijukatalyyttisen krakkauksen tislauskolonnin strippauksen vesistä noin 9,5 t/h:ssa. Muita hapanvesiä tuotantolinja kahdelta kulkeutuu hapanvesiyksikkö neljään useista prosessiyksiköiden lähteistä tuotantolinja kahden alueelta. Kokonaismäärän on noin 49 t/h:ssa (Liite 1.).

Tuotantolinja kolmen hapanvesien määrät, jotka kulkeutuvat hapanvesiyksikkö neljään ovat merkittävimmät. Ne ovat kokonaismäärältään 63 t/h, joista suurimmat hapanvesimäärät johdetaan hapanvesiyksikkö neljään. Pääosa hapanvesistä syntyy raakaöljyntislauksen pääkolonnin strippauksista, joka on noin 24 t/h ja kaasuöljynrikinpoistoyksikön lämmönsiirtimien pesuvesistä noin 19 t/h. Muita pienempiä hapanvesimääriä tulee prosessiyksiköiden prosessien eri vaiheista (Liite 1.).

Yhteenvedona voidaan todeta, että suurimmat hapanvesimäärät ja suurimmat pitoisuudet rikkivedyssä ja ammoniakissa tulevat vetykrakkaus,- leijukatalyyttinen krakkaus- ja rikinpoistoprosesseista (Liite 1.).

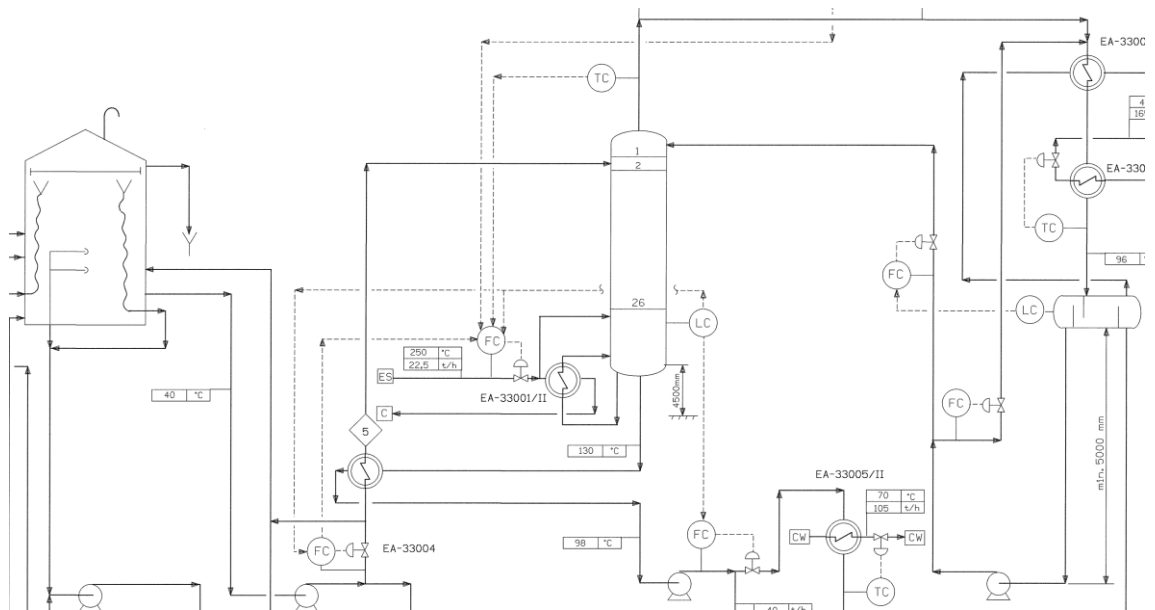
3.4 Hapanvedet hapanvesiyksikkö viiteen, (HVV5)

Hapanvedet hapanvesiyksikkö 5:een tulevat tuotantolinja 4:n prosessiyksiköistä sekä soihutukaasujärjestelmän vesistä. Tuotantolinja neljän yksiköiden strippauksista ja lämmönsiirtimien pesuista syntyviä kokonaishapanvesien määrä on noin 92 t/h. Soihutuneiden erotussäiliöiden hapanvedet voidaan johtaa molempiin hapanvesiyksiköihin, mutta hapanvesiyksikkö neljän kapasiteettirajoitteiden vuoksi hapanvedet yleensä johdetaan hapanvesiyksikkö viiteen noin 12 t/h. [3]

4 Hapanvesiyksikkö 4 ja 5

4.1 Hapanvesiyksikkö 4

Hapanvesiyksikkö 4 (Kuva 5.) on jalostamon ensimmäinen hapanvesien käsittelyyn tarkoitettu prosessiyksikkö. Hapanvesiyksikkö sisältää syöttösäiliön ja hapanvesistripperin. Hapanvedet tulevat tuotantolinjojen hapanvesien keruusäiliöiden kautta syöttösäiliöön, joka on prosessin ensimmäinen vaihe. Syöttösäiliössä veden viipymäaika on noin 12 tuntia [4], mikä mahdollistaa hiilivetyjen erottumisen syöttösäiliössä. Hapanvesi imetään syöttösäiliön pohjalta ja ajetaan hapanvesistripperiin. Stripperissä vedestä erottuvat rikkivety ja ammoniakki, jotka otetaan kaasumaisena stripperin yläosasta ja ajetaan jatkokäsittelyyn rikintalteenottoprosessiin. Stripattu vesi johdetaan stripperin alaosasta edelleen jätevesilaitokselle.



Kuva 5. Hapanvesiyksikön malli. [5]

4.2 Hapanvesiyksikkö 5

Hapanvesiyksikkö 5 on lähes identtinen vanhemman hapanvesiyksikön kanssa. Toiminnaltaan ja prosessiltaan yksiköt ovat samanlaisia. Merkittävin ero vanhemman hapanvesiyksikön kanssa on käytetyt materiaalit, koska tuotantolinja 4:ltä tulevissa hapanvesissä on enemmän korroosiota aiheuttavia yhdisteitä, kuten ammoniakkia ja klorideja. Rakennusmateriaalit on valittu kestäämään korkeampia pitoisuuksia hapanvedessä. Tästä johtuen esimerkiksi hapanvesiyksikkö 5:n hapanvesiä ei voida ajaa hapanvesiyksikkö 4:ään.

4.3 Hapanvesiyksikkö 5:n kapasiteetin nosto

Kapasiteetin nostoon on huomattu olevan tarvetta hapanvesiyksikkö 5:ssä mahdollisten tuotantolinja neljän uusien prosessiyksiköiden yhteydessä. Prosessisuunnittelijat ovat simuloineet yksikköä ja havainneet, että kapasiteetin nosto on mahdollista varsin pienillä mekaanisilla muutoksilla. Lähinnä tämä tarkoittaisi syötön esilämmittimen suurentamista, jolloin olisi mahdollista päästä huomattavaan kapasiteetin nostoon kyseisessä yksikössä. [6] Tämä kapasiteetin nostoprojekti antaa mahdollisuuden myös hapanvesiyksikkö neljän hapanvesikuorman vähentämisen. Tämä voitaisiin toteuttaa mekaa-

nisesti yhdysputkella hapanvesiyskiköiden syöttösäiliöiden välillä. Simuloinnin raportin mukaan hapanvesiyskikkö 5:n kapasiteettiä voitaisiin nostaa 92 400 kg/h:sta 120 000 kg/h:ssa. Tämän lisäksi jos hapanvesi stripperin välipohjia vaihdetaan, olisi mahdollista päästä 130 000 kg/h:ssa. [6]

5 Hapanvesien analysointi / näytteenotto

Hapanvesistä ja niiden epäpuhtauksista on tehty sisäinen raportti vuonna 2007. [7] Raportissa selvitettiin hapanvesien lähteiden määrät ja epäpuhtaudet. Raportissa huomioitiin mahdollinen kapasiteetin rajoitus hapanvesiyskiköissä ja suositeltiin toimenpiteitä hapanvesikuormituksen vähentämiseksi. [7]

Raportissa viitattiin jatkoanalyysihin hapanvesistä, joita tulisi selvittää seuraavissa selvityksissä. Tehdyssä työssä myös huomioitiin osan hapanvesivirtojen johtamista suoraan jätevesilaitokselle. Raportissa myös huomioitiin raakaöljytislauksen ylimenovesien ajaminen suoraan suolanpoistimille. [7]

Tässä työssä otettiin huomioon sisäisen raportin suositukset ja mahdolliset toimenpide ehdotukset hapanvesien uudelleen johtamiseen. Analyysit tehtiin samoista näytteenottopaikoista ja käytettiin samoja standardeja (Liite 2.) kuin vuonna 2007. Näin voidaan vertailla vuoden 2007 ja vuoden 2014 tehtyjä analyyskejä. Raportista ei selviä, ovatko näytteet otettu rikillisen raakaöljyn ajo-ohjelmalla vai rikillisesti kevyemmällä raakaöljyn ajo-ohjelmalla.

5.1 Analyysit

Analyysit, joita tässä työssä tehtiin perustuivat samaan sarjaan, joka tehtiin vuoden 2007:n hapanvesien selvityksessä. Suurin ero analyysissä oli se, että aikaisemmassa selvityksessä ei huomioitu jalostamon raakaöljysyöttöjä. Analyysisarjassa ensimmäinen vaihe osui raakaöljyn vähärikkisellä jalostamon ajolla. Tästä oli se hyöty, että tämän avulla voitiin karsia saman tien hapanvesivirrat, joissa oli jo paljon epäpuhtauksia ns. vähän rikkiä sisältävällä raakaöljyllä ajattaessa.

Analyysejä otettaessa otettiin huomioon myös hapanvedet, joissa aikaisemman selvityksen perusteella [7] oli mahdollista olla vähän epäpuhtauksia (Taulukko 1.). Tämän jälkeen valittiin hapanvesivirroista jatkoanalyysiin kiinnostavat virrat, joilla epäpuhtausmäärät olivat olemattomia vähän rikkiä sisältävällä raakaöljyn ajolla. Valinnan jälkeen jatkoanalyysit toteutettiin raakaöljyn korkean rikkipitoisuuden ajon aikaan.

9.6.2014	Rikkivety mg/l	Ammoniikki mg/l	Kokonaistyyppi mg/l	DOC mg/l C	Ulkonäkö	Hiilivety mg/l	ph	Kloridit mg/l
ALKY/ DA-9807	<1	0,5	39	239	Samea	170	10,5	<2
VKT/FA-38002	<1	0,7	0,56	24,7	Samea	200	8,6	<1
KTY/FA502	2	1,9		63	Sakkaa	380	6,5	2
KTY/FA509	<1	9,3	15	65	Kirkas	13	5,4	49
8.9.2014 KAAPO/FA-8508	<1	13	16		Kirkas	21	10,1	0,5
8.9.2014 KAAPO/FA-8502	<1	19	11		Samea	700	10	7,1

Taulukko 1. Jatkoanalyysit hapanvesistä vuonna 2014.

Analyyseissä merkittävimpiä analyysejä ovat jätevesilaitoksen kannalta rikkivedyn ja kokonaistypen analyysit. Kemiallisen hapan kulutusta kuvaava COD- analyysi ja kokonaistypen analyysit ovat ympäristöluparajan piirissä ja täten viranomaisseurannassa. Rikkivety ja hiilivedyt ovat jätevesilaitoksen toiminnan ja henkilöturvallisuuden varmentamiseen tarkoitettuja analyysejä. Kloridit ja pH analyysit ovat lähinnä putkistojen ja laitteiston korroosion seurantaa.

Varsinaista vertailua vanhoihin analyysituloksiin (2007) ei kannata suorittaa muihin kuin raportissa tunnistettuihin, vähän epäpuhtauksia sisältäviin hapanvesiin. Analyysien 2014 perusteella hapanvesistä ei löytynyt uusia vähän epäpuhtauksia sisältäviä hapanvesivirtoja prosesseista, lukuun ottamatta pientä hapanvesivirtaa kaasuoiljyn aromaattien poistoyksiköstä (Taulukko 1.).

Ajatuksena analyyseissä oli selvittää, mitä vesiä voitaisiin ajaa suoraan jätevesilaitokselle ja samalla selvittää, minkälaisia vesiä yleensä hapanvesiysikköihin tulee. Aikaisemman selvitykseen [7] tukeutuen tarkempia analyysejä otettiin raakaöljyn tislauksen ylimenovesistä ja samoin tyhjötislauksen ejektorivesistä (Taulukko 2.).

8.7.2014	Rikkivety mg/l	Ammoniakki mg/l	Kloridit mg/l	ph	Ulkonäkö	Kokonaistyyppi mg/l
KARP3	11000	7650	10	8,5	Sakkaa	
TT2	24	8	4,3	5,8	Samea	7,5
RT3/FA-10103	72	14	<2	5,7	Samea	14
RT3/FA-10150	65	41	<2	6,8	Samea	42

Taulukko 2. Jalostamon rikillinen ajo-ohjelman aikaan tehty analyysit. Vertailuna kaa-suöljyn rikinpoistoyksikön hapanvesianalyysit, joissa tiedetään olevan paljon epäpuhtauksia hapanvesissä.

Kyseessä olevan selvityksen [7] perusteella oli tunnistettu pienempiä hapanvesivirtauksia, joissa on pieniä pitoisuuksia epäpuhtauksia. Nämä olivat myös tarkemman analysoinnin piirissä. Tämän jälkeen suoritettiin ennalta määrätystä, lähinnä suolanpoiston kannalta merkittävistä hapanvesistä rikillisellä raakaöljyn ajomallin aikaan uudet analyysit. Tämä tehtiin siitä syystä, että raakaöljyntislauksen hapanvesimäärät ovat merkittäviä hapanvesiyksikkö neljän kannalta.

Analyysit	VKT/FA-38002	KTY/FA502	KTY/FA509
Rikkivety mg/l	<1	1,2	<1
Ammoniakki mg/l	<1	<1	8

Taulukko 3. Vuonna 2007 tehty analyysit. [7]

Vuonna 2007 tehdyissä analyyseissä oli havaittavissa pieniä pitoisuuksia rikkivedyn ja ammoniakin määrissä (Taulukko 3.). Selvityksen suositusten mukaisesti suoritettiin tässä työssä useampi analyysi hapanvesistä, esimerkiksi kokonaistyyppi, pH ja hiilivety-pitoisuudet. Vuonna 2014 tehdyistä analyyseistä on tässä kohtaa jätetty muut analyysit pois (Taulukko 4.), jotta voidaan suoraan verrata vuonna 2007 tehtyjä analyysijä. Muut analyysit, jotka tehtiin, näkyvät myöhemmässä vaiheessa tässä työssä.

Analyysit	VKT/FA-38002	KTY/FA502	KTY/FA509
Rikkivety mg/l	<1	2	<1
Ammoniakki mg/l	0,7	1,9	9,3

Taulukko 4. Vuonna 2014 tehty analyysit.

5.2 Analyysien tarkastelu

5.2.1 Jalostamon vähärikkinen ajo-ohjelma

Tulokset raakaöljyn vähärikkisellä ajo-ohjelmalla olivat varsin hyviä jatkoanalysoinnin ja kohteiden tunnistamiseen, joiden avulla olisi mahdollista vähentää hapanvesiysikköön ajettavia hapanvesiä. Ne voidaan johtaa suoraan jätevesilaitokselle. Näistä mielenkiintoisemmiksi erottuivat tyhjötislauksen ejektorivedet, jotka olivat lähes puhdasta vettä. Analyyseistä selvisi myös, että raakaöljytislausyksikön ylimenovesiä voitaisiin ajaa suoraan saman yksikön suolanpoistimille ja sitä kautta jäteveden käsittelyyn. (liite 1.)

Sisäisessä raportissa tehty analyysit (2007) verrattuna uusiin analyyseihin (2014) olivat rohkaisevia. Tulokset olivat samankaltaisia. Tämä herätti tutkimaan tarkemmin pienempien hapanvesivirtojen mahdollisuuksia johtaa suoraan jätevesilaitokselle. Rikkivetypitoisuuksia vesissä ei ollut ja ammoniakkia hyvin vähän, enimmillään 19 mg/l. Jätevesilaitoksen ympäristön typpirajoihin isossa mittakaavassa ei ole vaikutusta näin pienillä ammoniakkipitoisuuksilla. Pienempien virtojen yhdistetty hapanvesimäärä on noin 15 t/h:ssa, joka on osa 500 t/h:ssa jätevesilaitokselle kulkeutuvasta kokonaisvesimäärästä. Tämän hetkinen ammoniakkipitoisuus jätevesilaitokselle kulkeutuvassa vedessä on noin 20 ppm. Pienempien virtojen yhdistetty ammoniakkipitoisuus on noin 43 ppm. Tämän vaikutus jätevesilaitoksen vesien ammoniakkipitoisuuden nousuun näillä pitoisuuksilla on noin 1 ppm.

Hiilivetypitoisuuksissa oli vaihteluita jonkin verran, parhaimmillaan noin 700 mg/l, joka täytyy ottaa huomioon suunnittelussa. Näiden virtojen johtaminen suoraan jätevesilaitokselle vähentäisi hapanvesikuormaa hapanvesiysikkö neljässä noin 9-15 t/h riippuen prosessien tiloista. Hapanvesiysikkö neljälle saavutettava hapanvesien väheneminen on 7,5 prosenttia kokonaishapanvesimäärästä hapanvesiysikköön (Liite 1.)

5.2.2 Jalostamon rikillinen ajo-ohjelma

Rikillisen raakaöljyn ajo-ohjelman aikaan valittiin jatkoanalyyseihin aikaisemman analyysien perusteella kiinnostavia hapanvesivirtoja. Tässä painotettiin raakaöljytislauksen hapanvesien mahdollinen käyttö suolanpoistimissa. Analyysit olivat lupaavia hapanvesien mahdolliseen jatkokäyttöön. Rikkivetypitoisuus oli maksimissaan 72 mg/l ja ammoniakin määrä pysyi pienenä 41 mg/l. Rikillisellä ajo-ohjelmalla analysoitiin myös

tyhjötislauksen kakkosen hapanvedet. Epäpuhtauksien suhteen rikkivety- ja ammoniakkipitoisuudet ovat niin hyvät, että hapanvedet voitaisiin ajaa suoraan jätevesilaitokselle. Koska ko. hapanvesi sisältää paljon merkaptaanirikkiä, jätevesilaitoksille aiheutuisi merkittäviä hajuhaittoja. Tästä syystä tyhjötislauksen vesiä ei voida ajaa jätevesienkäsittelyyn. Jätevesilaitokselle ei ole tällä hetkellä eikä myöskään tulevaisuuden suunnitelmissa rakentaa hönkäkaasujen talteenottojärjestelmää.

6 Hapanvesikuorman siirtäminen

6.1 Suolanpoisto

Suolanpoistoprosessi sijaitsee raakaöljyn tislauksen yhteydessä tuotantolinja kolmen alueella. Raakaöljy joudutaan ajamaan suolanpoistimiin ennen kuin raakaöljy voidaan ajaa raakaöljyn tislaukseen tarkoitettuun prosessiyksikköön. Raakaöljy sisältää, riippuen siitä, mistä öljyä on ostettu jalostamolle, erilaisia pitoisuuksia suolavettä ja mahdollisia kiintoaineita. Pesuveden ja oikean lämpötilan avulla saadaan suolapitoinen vesi ja sedimentit tarttumaan pesuveteen ja erottumaan öljystä painovoimaa apuna käyttäen. Erottumista edesautetaan voimakkaalla sähkökentällä ja fyysisesti oikeankokoisella suolanpoistimella. [8]

Suolanpoistojärjestelmä saa Porvoon jalostamolla pesuvedensä molemmilta hapanvesiyksiköiden käsitellyistä vesistä, joita kutsutaan tuotevesiksi. Suolanpoiston jälkeen vedet ajetaan jätevesilaitokselle jatkokäsittelyyn. Maailmalla on erilaisia veden syöttöjärjestelmiä. Tunnettu ja hyväksi havaittu tapa on käyttää hyväksi raakaöljytislauksen ylimenovesiä uudelleen takaisin pesuvedeksi suolanpoistoon. [9]

Tästä aiheutuu ongelmia Porvoon jalostamon jätevesilaitokselle. Vesien epäpuhtauksien pitoisuudet nousevat, koska raakaöljyntislauksen ylimenovesissä on pitoisuuksia rikkivedystä, ammoniakista ja muista tyyppiyhdisteistä. Näistä kuitenkin suurimman ongelman jätevesilaitokselle tuottaa rikkivety, koska jätevesilaitoksella ei ole rikkivedyn talteenottoon mahdollisuuksia. Tämä vaatisi investointia joko erillisen rikkivedyn talteenottoon tarkoitettuun pesuriin tai suolanpoiston jälkeen asennettavalle niin sanotulle flash säiliöön, jossa nopealla paineen alennuksella irroitetaan kaasukuplat vedestä. Tämän jälkeen irronneet kaasut ajetaan tuotantolinja kolmen rikkivedyn poistoon tarkoitettuun pesuriin. Flash säiliön tyyppinen järjestelmä ei ole kuitenkaan välttämättä ide-

aallinen, koska todennäköisesti kaikkea rikkivetyä ja ammoniakkikaasuja ei saada erotettua vedestä.

Tämän hetkinen tilanne on jätevesilaitoksella se, että varsinkaan rikkivetypitoisuuksia ei voida lisätä jätevesilaitokselle. Jätevesilaitoksella ei ole rikkivedyntalteenottoon tarkoitettuja kaasujen talteenottojärjestelmää. Lisääntynyt rikkivetypitoisuus vedessä aiheuttaa jätevesilaitoksella mahdollisen henkilöriskin, koska vapautunut rikkivety pääsee suoraan ulkoilmaan. [10]

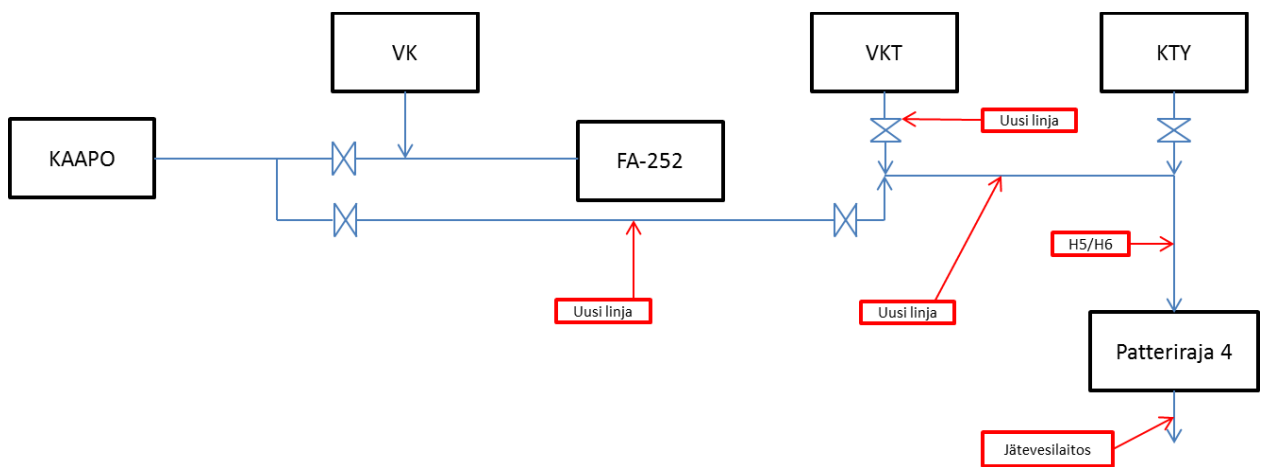
6.2 Hapanvesien jakaminen hapanvesiyksikköjen välillä

Jalostamolla on kaksi lähes identtistä hapanvesiyksikköä, jotka eivät ole toisistaan riippuvaisia. Hapanvesiyksiköillä on yhdyslinja toistensa välillä, mutta se on vasta syöttösäiliön jälkeen ennen hapanvesistrippereitä. Tästä muodostuu ongelma, mikäli hapanvesisyötön mukana kulkeutuu esimerkiksi hiilivetyjä, jotka aiheuttavat prosessihäiriöitä rikintalteenottoyksiköissä. Tämän takia tulisi rakentaa hapanvesille yhdyslinja ennen syöttösäiliöitä, jotta mahdolliset hiilivedyt ehtivät erottua hapanvesisäiliössä ennen varsinaista käsittelyä. Tästä on myös toinen hyöty tilanteessa, jossa molemmat hapanvesiyksiköt ovat täydellä kapasiteetilla. Tällöin molempien syöttösäiliöiden kapasiteetit ylittyvät hetkellisesti. Näin molempia syöttösäiliöitä voidaan pitää puskurina hidastamaan pintojen nousua.

Huoltokorjauksia helpottamista varten on myös hyötyä siitä, että voidaan johtaa hapanvedet syöttösäiliöiden välillä. Tällä hetkellä hapanvesiyksiköiden syöttösäiliöt on viimeisiä säiliöitä, joita voidaan valmistella huoltokuntoon jalostamon laajuisen huoltokorjauksen valmisteluissa. Tämä johtuu siitä, että prosessiyksiköiden puhdistusvedet jalostamolta on viimeisen vaiheen toimenpiteitä valmistautuessa huoltokorjauksiin. Yhdyslinjan avulla voidaan aikaisemmassa vaiheessa yhdistää hapanvesien ajot toiselle säiliölle ja aloittaa valmistelut huoltokorjaukseen toisella. Tällä tavalla saadaan enemmän aikaa huoltotoimenpiteille halutulla säiliöllä, joka halutaan kunnostaa.

6.3 Tuotantolinja yhden hapanvesien johtaminen jätevesilaitokselle

Aikaisemman raportin pohjalta [7] selvisi, että usean tuotantolinja yhden hapanvesistä olivat niin puhtaita, että ne voitaisiin johtaa suoraan jätevesilaitokselle (kuva 5.). Tämä vaatisi muutaman uuden hapanvesilinjan rakentamisen tuotantolinjan alueelle. Raportissa ilmeni, että kokonaishyöty hapanvesiyksikkö neljälle olisi noin 10 t/h. Tätä hyödyntäen jatkoanalyysit suoritettiin ja mahdollisten uusien hapanvesien linjojen kartoittaminen alkoi. Tarkoitus oli myös käyttää hyödyksi jo olemassa olevia hapanvesilinjoja hapanvesien johtamiseen jätevesilaitokselle. Hyöty hapanvesiyksikkö neljän kapasiteetiongelmien olisi merkittävä näillä mahdollisilla muutoksilla.



Kuva 5. Lohkokaavio tuotantolinja yhden hapanvesilinjojen uusinnasta.

7 Mahdollinen vesien uudelleenkäyttö

Analyyseistä selvisi, että pienemmistä virroista, tuotantolinja yhden alueella voitaisiin johtaa hapanvesiä suoraan jätevesilaitokselle. Tämä tapahtuisi muutaman uuden hapanvesilinjan yhdistämisellä kaasuöljyn tislauksyksikön hapanvesiputkeen, joka mahdollistaa hapanvesien johtamisen jätevesilaitoksen puskurisäiliöihin. Näin saadaan mahdolliset hiilivedyt, joita esiintyy muutamissa virroissa, erottumaan puskurisäiliöissä ennen varsinaista jäteveden käsittelyä.

Jalostamon ajo-ohjelmalla, joka sisältää vähän rikkiä, mahdollistaa osan hapanvesien ajamisen joko suoraan jätevesilaitoksille tai käyttää sitä raakaöljyn suolanpoistimissa. Kyseessä olevat ajo-ohjelmat ovat riippuvaisia käytetystä raakaöljystä. Esimerkiksi

Venäjältä hankittu raakaöljyn laatu on runsaasti rikillinen. Markkinatilanteiden mukaan ajo-ohjelmia muokataan jalostamalla toivottujen lopputuotteiden saamiseksi.

Edellä mainitut ajotapojen ohjelmien muutokset kuitenkin vaihtelevat, jotta voitaisiin hallita hapanvesien ajoa suolanpoistoon. Esimerkiksi raakaöljyntislausyksikön hapanvesien laadun seurantaan varten täytyy pystyä varmentamaan analyysien ja automaatiojärjestelmien avulla ajomoodien hallintaa prosessissa, kun raakaöljyn laatu muuttuu.

Mekaanisella puolella pitäisi rakentaa yhdyslinjat, joka mahdollistaisi johtaa hapanvesiä nykyisten hapanvesilinjojen ja suolanpoistimien syöttövesien väliin. Automaattisia venttiileitä ja virtausmittareita hapanvesien määrien ja ajomoodien hallintaan pitäisi asentaa prosessin hallitsemiseksi. Samoin tarvittavien hapanvesipumppujen kapasiteetit tulisi tarkistaa ja mahdollisesti päivittää tarkoituksen mukaisiin kapasiteetteihin.

7.1 Jätevesilaitos

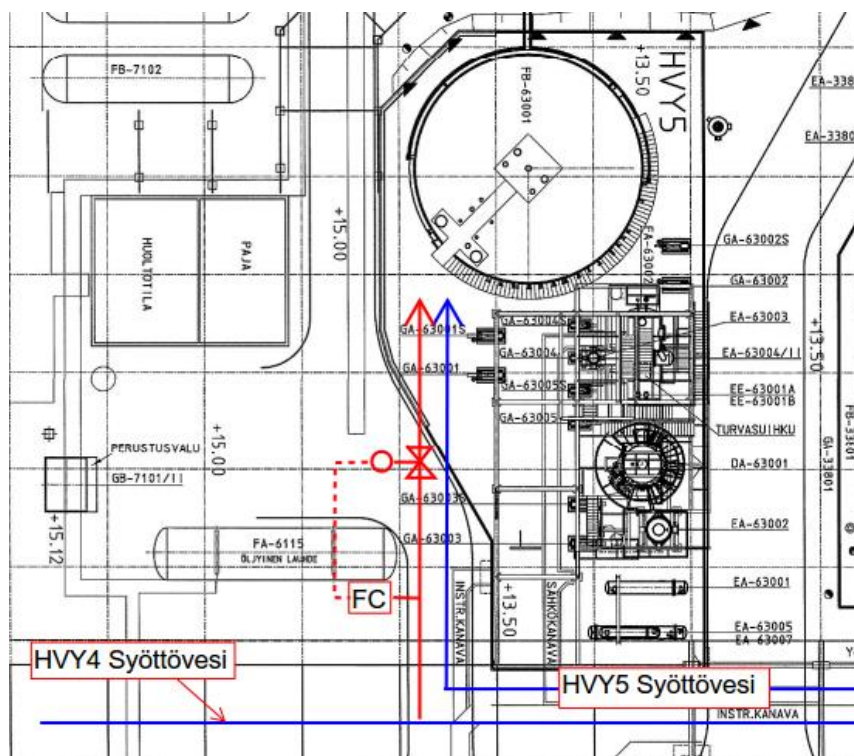
Porvoon jalostamon jätevedet puhdistetaan jätevesilaitoksessa, joka koostuu kahdesta erillisestä jätevesien käsittelylinjasta, aktiivilietelaitoksesta ja aktiivihiililaitoksesta. Ennen käsittelyvaihetta jätevedet ohjataan öljyn- ja hiekanerotusaltaiden kautta (API). Käsittelyvaiheen päälinjaan johdetaan suurin osa jätevesistä, jossa on aktiivilietelaitos. Toisessa vaiheessa on vaikeammin käsiteltävät jätevedet, johon johdetaan vain osa jätevesistä. Nämä käsitellään aktiivihiililaitoksessa. Käsittelyvaiheiden jälkeen vedet johdetaan hapetuslammikoihin tai käsitellään uudestaan aktiivihiililaitoksessa, tarpeen mukaan. Käsittelyn jälkeen vedet voidaan johtaa mereen, jossa vielä analyysillä tarkkaillaan veden puhtautta. [11]

Jätevesilaitoksella ei ole haihtuvien kaasujen talteenottojärjestelmää. Tämä tarkoittaa sitä, että henkilöturvallisuuden ja mahdollisten hajuhaittojen vuoksi tulee tarkasti määrittellä hapanvesien määrät, jotka johdetaan ohi hapanvesiysyksiköistä. Tarkoilla ja jatkuvalla analysoinnilla voidaan seurata ja hallita hapanvesivirtojen määriä ja epäpuhtauksia vesissä ennaltaehkäisemään haihtuvien kaasujen kulkeutumista jätevesilaitokselle liiallisessa määrin.

7.2 Hapanvesilaitosten hapanvesien kuorman jakaminen

Hapanvesiyksikkö neljän hapanvesistä voitaisiin tilanteen mukaan osa johtaa hapanvesiyksikkö viiteen kapasiteettirajoitteen helpottamiseksi hapanvesiyksikkö neljässä. Tämä toimenpide kuitenkin vaatii hapanvesiyksikkö viiden kehittämistä ja kapasiteettirajoitteiden poistamista (Ks. Kohta 3.3) ja lisäksi uuden putkihaaran hapanvesiyksikkö neljän syöttöputkeen (Kuva 6.). Hapanvesien määrien hallintaan täytyy putken rakentamisen yhteydessä lisätä virtausautomaatti ja suuntaventtiili takaisinvirtauksen estämiseksi.

Uusi putkiyhde voitaisiin liittää hapanvesiyksikkö viiden syöttösäiliöön käyttämättömään vapaaseen putkiyhteeseen. Putken pituus olisi noin 30 metriä ja putken halkaisija 4-6 tuumaa riippuen siitä, kuinka ja missä tilanteissa uutta putkea halutaan käyttää.



Kuva 6. Hahmotelma toteutuksesta.

7.3 Kaasuöljyn aromaattien poistoyksikön hapanvedet (KAAPO)

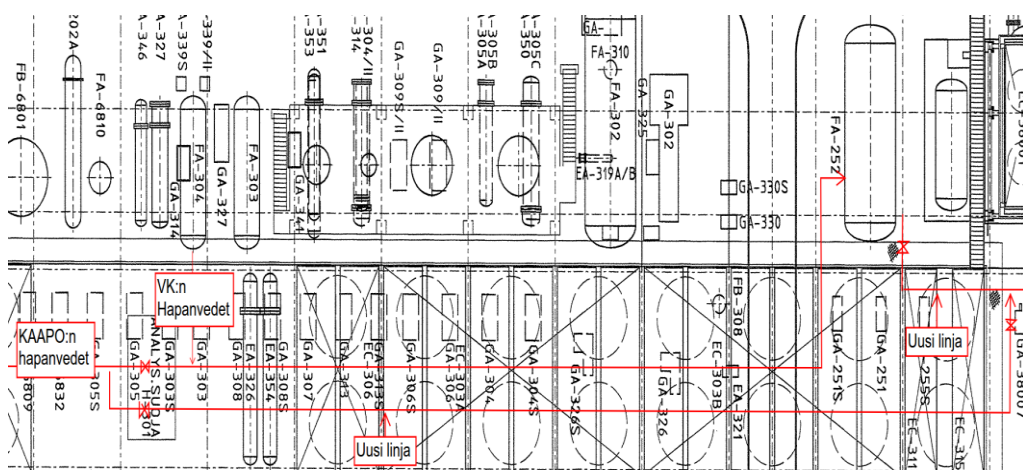
Kaasuöljyn aromaattien poistamiseen tarkoitettua prosessiyksiköstä tulevista hapanvesistä tehtyjen analyysien tulokset (Liite 2., Taulukko 5.) ovat lähes puhtaita ei-toivotuista epäpuhtauksista. Rikkivetyä ei ole ollenkaan ja ammoniakkia vain pieniä pitoisuuksia. Kevyitä hiilivetyjä oli tosin jonkin verran (700 mg/l). Niitä ei ole niin paljon, että se aiheuttaisi yhdistettynä pieneen virtausmäärään (2 – 3 t/h) jätevesilaitokselle prosessihäiriöitä tai ympäristöön liittyvien luparajojen ylittymisiä. [10]

Analyysit	KAAPO/FA-8508	KAAPO/FA-8502
Rikkivety mg/l	<1	<1
Ammoniakki mg/l	13	19
Kokonaistyyppi mg/l	16	11
Ulkonäkö	Kirkas	Samea
Hiilivety mg/l	21	700
pH	10,1	10
Kloridit mg/l	0,5	7,1

Taulukko 5. Kaasuöljyn aromaattien poisto yksikön hapanvesi analyysit vuonna 2014.

Hiilivety määrä vaikuttaa kuitenkin siten, että kaasuöljyn aromaatin poiston hapanvesiä ei voida johtaa suoraan tuotantolinja ykkösen viemäriverkostoon. Kevyet hiilivedyt saatavat kerääntyä viemäriverkoston kaivoihin. Se lisää riskiä onnettomuuksille tilanteessa, jossa suoritetaan tulitöitä alueella. Tästä johtuen hapanvedet täytyy johtaa erillisenä pintaputkea pitkin jätevesilaitokselle.

Ainoa havaittava riski on prosessihäiriötilanteiden hallinta, koska häiriötilanteessa hiilivetyjen pitoisuudet voivat olla moninkertaisia. Näin ollen vanhat linjat tulee säilyttää häiriötilanteiden varalta, jotta vältetään isojen hiilivety määrien pääseminen jätevesilaitokselle. Operointihenkilöstön ohjeistuksella ja automaatio suojausilla voidaan ehkäistä häiriötilanteiden vaikutukset jätevesilaitoksella.



Kuva 7. Hahmotelma uudesta kaasuöljyn aromaattien poistoyksikön hapanvesilinjauksista.

Kaasuöljyn aromaattien poistoyksikön hapanvesien johtaminen suoraan jätevesilaitokselle vaatii uuden hapanvesiputken rakentamista. Uusi putkihaara pitäisi liittää vanhas- ta hapanvesiputkesta ennen vetykrakkauksen hapanvesiä, koska vetykrakkauksen hapanvedet ovat erittäin rikkivetytöisiä. Uusi putki tulisi liittää toiseen uuteen linjaukseen, joka rakennettaisiin hapanveden keräilyssäiliön yhteyteen (Kuva 7.). Tällä tavoin voidaan johtaa hapanvedet jätevesilaitoksen hapanvesien puskurisäiliöön. Vety- krakkauksen hapanvedet edelleen johdettaisiin vanhaa linjausta noudattaen hapan- vesien keräilyssäiliöön. Linjauksen pituudeksi tulisi noin 40 metriä riippuen siitä, mitä kautta uusi linjaus rakennettaisiin. Putken koko voisi olla noin kaksi tuumaa, jonka voi lasketta tarkasti prosessisuunnittelussa. Näin toteutettuna kaasuöljyn aromaattien poistoyksikön hapanvesien mahdolliset kevyet hiilivedyt pystyttäisiin erottamaan ha- panvesien puskurisäiliössä jätevesilaitoksella ennen varsinaista vesien käsittelyä (API).

7.4 Kaasuöljyn jakotislauksen hapanvedet (KTY)

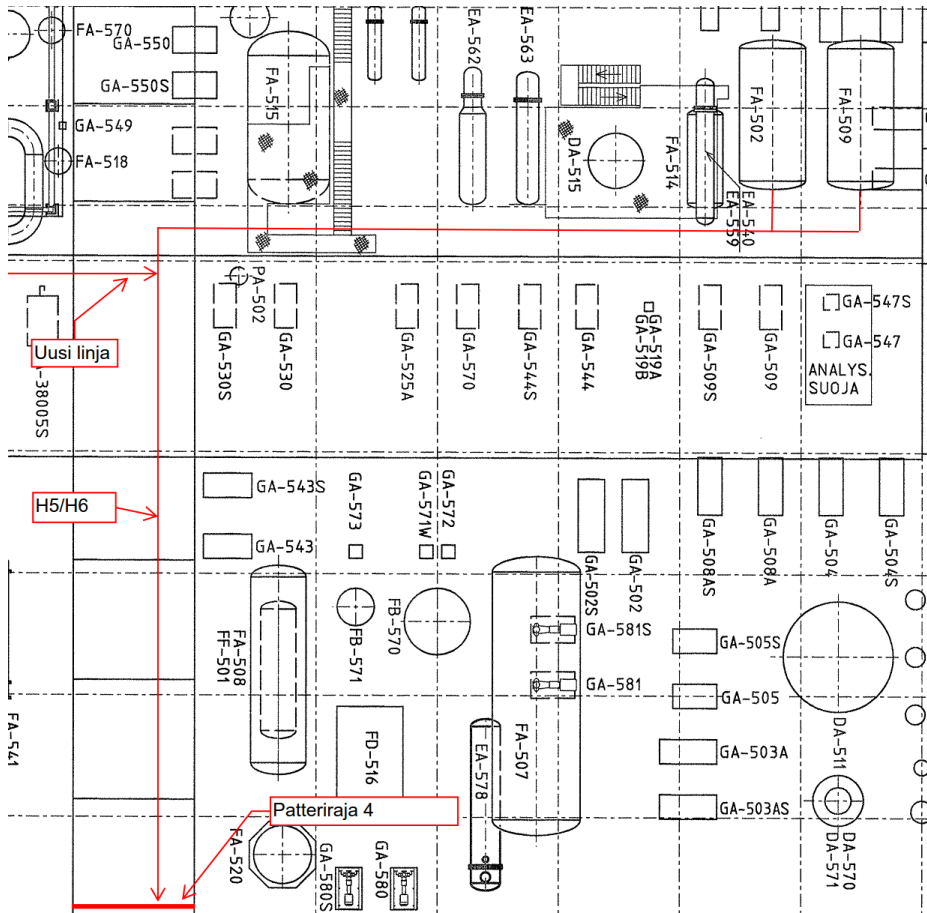
Kaasuöljyn jakotislauksyksikön pääosa hapanvesistä muodostuu jakotislauksen strip- paushöyryistä. Vedet lauhtuvat jakotislauksen kolonnin ylimenosäiliöissä (FA502 ja FA509) ja kolonnin huipun väliulosoton säiliöissä. Analyysistä (Liite 2., Taulukko 6.) kävi ilmi, että ei-toivottuja epäpuhtauksia hapanvesissä ei juurikaan löytynyt. Rikkivetyä ei ana- lyysistä esiintynyt ja ammoniakki, hiilivetytöisyydet olivat matalia. Kloridipitoisuuksia (49 mg/l) kuitenkin havaittiin, jotka täytyy ottaa huomioon materiaalivalinnoissa siinä tilanteessa, kun putkistoa suunnitellaan. Hapanvesivirtaus hapanvesiysikkö 4:ään on

molemmin puolin 5 t/h näistä kahdesta säiliöstä. Kaasuöljyn jakotislauksen muita hapanvesiä ei kannata ohjata jätevesilaitokselle mahdollisien voimakkaiden hajuhaittojen takia.

Analyysit	KTY/FA502	KTY/FA509
Rikkivety mg/l	2	<1
Ammoniakki mg/l	1,9	9,3
Kokonaistyyppi mg/l	63	65
Ulkonäkö	Sakkaa	Kirkas
Hiilivety mg/l	380	13
pH	6,5	5,4
Kloridit mg/l	2	49

Taulukko 6. Analyysit kaasuöljyn jakotislauksen hapanvesistä vuonna 2014.

Jätevesilaitoksella on kokonaistypen osalta ympäristölain puitteissa määrätty luparajat, joita seurataan säännöllisesti analyysien jätevesilaitoksella. Kaasuöljyn jakotislauksen hapanvesissä on jonkin verran typpiyhdisteitä (Taulukko 6.), jotka vaikuttavat kokonaistypen luparajoihin. Tästä johtuen on syytä säilyttää vanhat putkilinjastot hapanvedelle, joiden avulla voidaan hallita mahdollisia ympäristöön kohdistuvia typpikuormia.



Kuva 8. Hahmotelma kaasuöljyn jakotislauksen hapanvesien johtamisesta jätevesilaitokselle.

Kaasuöljyn jakotislauksyksikössä on jo olemassa mahdollisuus johtaa hapanvesiä suoraan jätevesilaitokselle, jota ei ole kuitenkaan käytetty. Mitään yksiselitteistä syytä käyttämättömyyteen ei ole löytynyt. Tämä vanha linja on tämän työn perusteella kuitenkin tarkoitus ottaa jatkuvaan käyttöön ja yhdistää muita tuotantolinja yhden hapanvesiä tähän samaan linjaan ja johtaa hapanvedet jätevesilaitokselle (Kuva 8.).

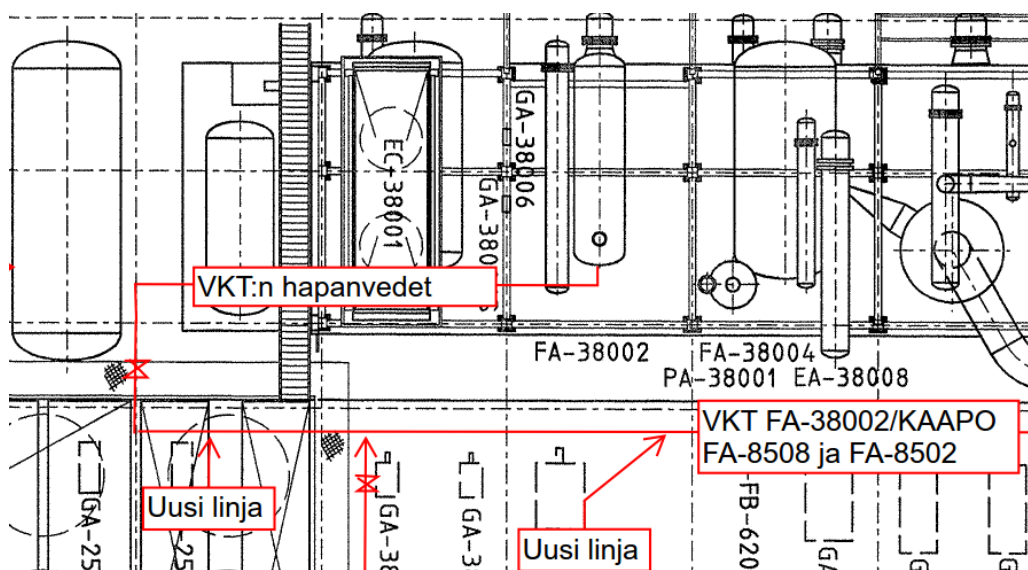
7.5 Vetykrakkauksen tyhjötislauksen hapanvedet (VKT)

Vetykrakkaustyhjötislauksenyksikön hapanvedet ovat lähes puhtaita epäpuhtauksista. Kevyitä hiilivetyjä on hieman (200 mg/l), jonka vuoksi vetykrakkauksen tyhjötislauksen hapanvesiä ei voida johtaa suoraan viemäriverkostoon. Hapanvesimäärä yksiköstä olisi noin 2 t/h.

Analyysit	VKT/FA-38002
Rikkivety mg/l	<1
Ammoniakki mg/l	0,7
Kokonaistyyppi mg/l	0,56
Ulkonäkö	Samea
Hiilivety mg/l	200
pH	8,6
Kloridit mg/l	<1

Taulukko 7. Vetykrakkauksen tyhjötislauksen hapanvesi analyysi vuonna 2014.

Kevyet hiilivedyt saattavat kerääntyä viemäriverkoston kaivoihin, mikä lisää riskiä onnettomuuksille tulitöitä suorittaessa alueella (Taulukko 7.). Tästä johtuen hapanvedet täytyy johtaa erillisenä pintaputkea pitkin jätevesilaitokselle. Analyyseistä selvisi, että hiilivetyjä lukuun ottamatta muilla epäpuhtauksilla ei ole vaikutusta jätevesilaitoksen luparajoihin.



Kuva 9. Hahmotelma vetykrakkaus tyhjötislauksen hapanvesien johtamisesta jätevesilaitokselle.

Vetykrakkausyksikön hapanvedet johdetaan yksikön lähellä olevaan hapanvesien keräilyssäiliöön FA-252 (Kuva 9.). Hapanvesien keräilyssäiliön yhteyteen täytyisi rakentaa uusi putkiyhde hapanvesien johtamiseen suoraan jätevesilaitokselle. Samaan putkiyhteeseen yhdistettäisiin kaasuöljyn aromaattien poistoyksikön hapanvedet, jotka johdettisiin yhtenä virtana kaasuöljyn jakotislauksen hapanvesiin. Edellä mainitut hapanve-

det johdetaan kaasuöljyn jakotislauksen olemassa olevaan linjaan, jolla voidaan johtaa haluttu virta suoraan jätevesilaitoksen puskurisäiliöihin ja sitä kautta jätevesien jatkokäsittelyyn.

7.6 Raakaöljyn tislauksen hapanvesien hyödyntäminen suolanpoistossa (RT)

Raakaöljyn tislauksen ylimenovesiä käytetään yleisesti maailmalla suolanpoistimien syöttövetenä. Nämä vedet olisivat parempia Ph:n kannalta kuin hapanvesiysikön tuotevedet, koska suolanpoistimien syöttöveden tulisi olla hieman happaman puolella kuin emäksenpuolella hyvän suolanpoiston takaamiseksi. Happaman hapanveden kääntöpuolella on kuitenkin materiaalikestävyys. Tunnetusti hapan pesuvesi edistää korroosiota voimakkaasti. [9], [12] Tämä järjestely toisi merkittävän vähennyksen hapanvesiin, joita syötetään hapanvesiysikkö neljään. Hyöty voisi olla parhaimmillaan noin 30 t/h :ssa riippuen siitä, kuinka paljon raakaöljyn tislauksen ylimenovesiä johdetaan suoraan suolanpoistimille. Tämä määrä on 20,4 prosenttia hapanvesien kokonaismäärästä hapanvesiysikön syötöstä.

Analyysien mukaan edellä mainittu järjestely olisi mahdollista. Jotta tämäntyyppinen ajotapamuutos realisoituisi, täytyisi aiheutta tutkia paljon enemmän. Prosessiasiantuntijan [12] mukaan tällainen järjestely olisi myös mahdollinen ainakin itse suolanpoistimien kohdalta. Ainoa asia, joka vaatisi tutkimista, olisi mahdollisten happojen muodostuminen hapanveteen raakaöljyn tislauksen jakotislaukskolonnissa. Hapanveden happojen muodostumista ja niiden hallintaa on tärkeää tehostaa, koska suolanpoistimien materiaalit eivät kestä happamia olosuhteita. Jo pienikin happopitoisuus edistää merkittävästi korroosiota.

Analyysit	RT3/FA-10103	RT3/FA-10150
Rikkivety mg/l	3	7
Ammoniakki mg/l	31	37
Kokonaistyyppi mg/l	34	35
Ulkonäkö	Sakkaa	Samea
Hiilivety mg/l	480	
pH	7,2	6,2
Kloridit mg/l	2,9	<2

Taulukko 8. Vähän rikkiä jalostamon raakaöljyssä vuonna 2014.

Rikkivetymäärät jalostamon vähärikkisellä raakaöljyllä on pienet (Taulukko 8.). Ammoniakki ja kokonaistypen määrät ovat vielä hyväksyttäviä. Hiilivedyt ovat raakaöljyn tislauksyksikön ylimenosäiliön hapanvesissä sen verran korkeat, että hapanvesiä ei voida johtaa viemäriverkostoon. Ph-lukema on suolanpoiston kannalta hyvä, lähes neutraali, joten korroosio vaikutus on pieni.

Analyysit	RT3/FA-10103	RT3/FA-10150
Rikkivety mg/l	72	65
Ammoniakki mg/l	14	41
Kokonaistyyppi mg/l	14	42
Ulkonäkö	Samea	Samea
pH	5,7	6,8
Kloridit mg/l	<2	<2

Taulukko 9. Rikillinen jalostamon raakaöljy vuonna 2014.

Jalostamon raakaöljyn rikillisellä ajotavalla rikkivetymäärät ovat nousseet odotusten mukaisesti (Taulukko 9.). Ammoniakki ja kokonaistypen määrät ovat suhteessa pysyneet lähes samana verrattuna vähärikkiseen ajotapaan verrattuna. Ph-lukema laski happaman puolelle, joka vaikuttaa suolanpoistimien materiaaliin lisääntyvänä korroosiona.

Jätevesilaitoksen osalta tulisi myös selvittää hapanvedessä olevien epäpuhtauksien vaikutus jätevesien käsittelyssä. Suolanpoistimien vesissä on jo tunnetusti rikkivety- ja ammoniakkipitoisuuksia, jotka siirtyvät suolanpoistimien pesuveteen raakaöljystä. Tärkeää on tarkastella kokonaisvaikutusta jätevesilaitoksilla, ja auttaako mahdollisesti toteutuva jätevesilaitosten laajennus parempaan jätevesien epäpuhtauksien käsittelyyn.

Ajatus on kuitenkin niin merkittävä, että seuraavassa raakaöljyn tislauksen huoltokorjauksessa rakennetaan valmiit putkiyhteet putkistoihin, jotta voidaan yksikön käynnin aikana ottaa mahdollinen hapanvesien ajotapamuutos käyttöön. Putkilinjaa tarvitsee rakentaa noin 20 metriä riippuen siitä, mihin hapanvesien säätöautomaattiikka halutaan sijoittaa kentällä. Putken ja säätöautomaatin lisäksi täytyy raakaöljy tislauksen ylimenosäiliön hapanvesipumpun mitoitus tarkistaa. Samoin automaatiologiikkaa pitää muuttaa häiriöiden ja hapanvesien puhtauksien hallintaa varten.

Ennen kuin uusi hapavesien ajotapa voidaan ottaa käyttöön, selvitettäviä asioita ovat jatkossa:

- Jos hapavesien kokonaisvirta 255 t/h johdetaan vesien keräilyssäiliöön H5/H6:een, kuinka merkittävästi vaikuttaa 30 t/h:ssa hapavettä, joka sisältää 70 ppm rikkivetyä, kokonaisvirran rikkivetypitoisuuteen?
- Tislauksen ylimenosäiliön pumpun kapasiteetti.
- Lisääntynyt epäpuhtausten määrä jätevesilaitoksella.
- Raakaöljytislauksen hapaveden Ph:n hallinta.
- Suolanpoistimien materiaalien mahdollinen lisääntynyt korroosio.

Jätevesilaitoksella on havaittu isoja rikkivetypitoisuuksia aika-ajoin. Tällä hetkellä suolanpoistimista ei edes rikillisen raakaöljyn aikaan rikkivetypitoisuuksia löydy. (Taulukko 10.) Ongelma on tunnistettu raakaöljyn varastosäiliön vesityksiin, joka tapahtuu suoraan jätevesilaitokselle. Kohdan huomioon ottaminen on tärkeää pohdittaessa raakaöljyn tislauksen hapavesien käyttöä suolanpoistimissa. Mahdollisuuksia ajotapoihin löytyy muitakin, esimerkiksi siten, että raakaöljyn tislauksen hapavesiä johdetaan suolanpoistimille vain silloin, kun raakaöljyn rikkipitoisuus on matala. Tätä voitaisiin seurata jatkuvatoimisella analyysointilaitteella ja vesien analysoinnilla jalostamon laboratoriossa. Toinen mahdollisuus on johtaa vain osa vesistä jatkuvasti suolanpoistimille ja jäänyt osa pesuvesistä tulisi hapavesiysyksikön tuotevesistä.

Suolanpoisto.	FA10101A
Hiilivety mg/l	1600
Ammoniakki mg/l	59
Rikkivety mg/l	1
pH	6,7

Taulukko 10. Rikillisen raakaöljyn aikaan analysoitu suolanpoistosta lähtevä hapavesi vuonna 2014.

8 Yhteenveto

Olen tehnyt selvitystä hapanvesiyksikkö neljän kapasiteettikuormasta ja tarkastellut erilaisia vaihtoehtoja jalostamon hapanvesien johtamiselle. Hapanvesivirroista tehtiin analyysisarja epäpuhtauksien tunnistamiseksi. Analyysien tarkastelun jälkeen pystyttiin löytämään hapanvesivirtoja, joita voitaisiin johtaa esimerkiksi suoraan jätevesilaitokselle ja näin helpottaa hapanvesiyksikkö neljän kapasiteettia.

Tuotantolinjan yhden prosessien tuottamista hapanvesistä ilmeni, että olisi mahdollista johtaa osa suoraan jätevesilaitokselle, jolloin hapanvesiyksikkö neljälle saavutettava hyöty hapanvesikuorman laskemisella olisi noin 7,5 prosenttia.

Tuotantolinja kolmosella sijaitsevan suolanpoistojärjestelmän tuottama hapanvesi olisi mahdollista hyödyntää suoraan raakaöljyn tislausyksikössä. Parhaimmillaan saavutettava hyöty hapanvesiyksikkö neljässä hapanvesikuorman laskemisella olisi noin 20 prosenttia. Tämä edellyttäisi kuitenkin jatkoselvitystä suolanpoistimien toiminnassa sekä jätevesilaitoksen kannalta.

Selvityksessä kävi ilmi, että olisi hyvä mahdollistaa hapanvesien ajaminen hapanvesiyksikköjen välillä. Tämä mahdollistaisi hapanvesikuorman jakamisen ja näin helpottaa hapanvesiyksikkö neljän kapasiteettia. Jotta yhdistämisestä saataisiin konkreettinen hyöty, tämä edellyttää kapasiteetin nostoprojektin toteutumista hapanvesiyksikkö viidessä.

Näitä mahdollisuuksia pitää myös tarkastella kokonaisuuden kannalta, että mitä vaikutuksia putkistojen muutoksilla saadaan aikaan hapanvesilinjastoon. Tämä tarkoittaa pumppujen mitoitus- ja hapanvesilinjojen tarkistamista hapanvesivirtauksien muutoksissa. On myös tärkeää tunnistaa jätevesilaitoksen lisääntynyt ei-toivottujen epäpuhtauksien lisääntynyt määrä, joka voi vaikuttaa ympäristön kuormittumiseen ja lupaehtojen täyttymiseen. Edellä mainittujen toimenpiteiden toteutuminen saattaisi mahdollistaa, että hapanvesiyksikkö neljän kapasiteetti laskee merkittävästi. Varsinkin kun investointeja suunnitellaan, yleensä keskitytään ydintoiminnan suunnitteluun ja kehittelyyn, joka usein lisää hapanvesikuormaa. Tämä tarkoittaisi sitä, että jalostamon ei tarvitsisi investoida uuteen hapanvesiyksikköön tässä tilanteessa. Muutosten mahdollisesti toteutuksessa tämä antaisi myös tulevaisuuden investoinneille kapasiteettia hapanvesikuorman suhteen. Tässä on kuitenkin kysymys pienistä lisähapanvesikuormista.

Lähteet

- 1 Peter Sandelin. 1996. Tislauksen perusteet. Neste Oil:n sisäinen koulutusmateriaali.
- 2 Sheilan, Michael H, Spooner, Ben H, Street, David E, Van Hoon, Egbert. 2005. Amine treating and sour water stripping, Canada, Calgary: Amine Experts Inc.
- 3 TOP-järjestelmä. Neste Oil:n käyttämä prosessimittausjärjestelmä.
- 4 Juha Voutilainen. 2011. HVY4 Toiminnankuvaus. OQD-4415.
- 5 PI-kaavio. Neste Oil:n käyttämä prosessikaavio. NPO-9587
- 6 Linden Isak. 2013. HVY5 pullonkaula selvitys. PG0135.
- 7 Viitamäki Taina. 2007. Hapanvedet Porvoon jalostamolla. Neste Oil:n sisäinen raportti.
- 8 Marko Malila. 2013. RT3 Suolanpoiston operointiohje. OQD-4942.
- 9 Clark, Michael J. 2014. Technical Support, Baker Hughes. Sähköpostikeskustelu. 11.6.2014.
- 10 Toivainen Katri. 2014. Käyttöinsinööri, Neste Oil Oyj, Porvoo. Suullinen tiedonanto 19.11.2014
- 11 Piirainen Outi. 2014. BAT selvityksen lähtötiedot. Neste Oil:n sisäinen muistio.
- 12 Solantie Juha. 2014. Kehityspäällikkö, Neste Oil Oyj, Porvoo. Suullinen tiedonanto 20.10.2014

Hapanvesimäärät tuotantolinjoilta 1-3

Liite 1			
Laite	Vesien alkuperä	t/h	Näytteenotto paikat
Korkeapaine-erotin	EC-303A/B:n ja EA-324:n pesu	19,7	S VK-15-2A
Matalapaine-erotin	Korkeapaine-erottimesta FA-301	0,1	
Ylimenosäiliö	DA-301:n strippaushöyry	0,45	
Ylimenosäiliö	DA-302:n strippaushöyry	1,8	
Säiliö	Vesisyöttö	0,3	
Vedenerotin	TuontiKART:n mukana tuleva vesi	0	
Ylimenosäiliö	DA-511:n strippaushöyry	4,8	S 575-1
Erotussäiliö	Loput DA-511:n strippaushöyryistä	0	S 599-2
Syöttösäiliö	Yksikön syötön mukana tuleva vesi	0	
Ylimenosäiliö	DA-515:n strippaushöyry	0,1	
Säiliö	Säiliöön tuleva pesuvesi	5,9	S 573-1
Matalapaine-erotin	Lauhde ja kompressorin imusäiliö	0	S 8506-1
Ylimenosäiliö	DA-8501:n strippaushöyry	0	S 8510-1
Korkeapaine-erotin	EC-36001:n injektiovedet	0,7	
Matalapaine-erotin	Loput EC-36001:n injektiovesistä	0	SB 36009-5
Ylimenosäiliö	EE-38001:n A-D lauhde	2	SB 38009-3
	yht.	35,85	
Laite	Vesien alkuperä	t/h	
Ylimenosäiliö	DA-2201:n strippaushöyryt	9	VAC 11-6-1
Ylimenosäiliö	DA-2301:n strippaushöyryt	1,5	S LK2-8-4A
Ylimenosäiliö	Lauhtunut kolonnin (DA-2401) ylimenotuote	9,5	
Syöttösäiliö	EA-2513:n pesuvesi	0,5	S VRU-9-1A
Ylimenosäiliö	Butaaninpoistokolonnin (DA-2504) ylimenosäiliö	0	
Ylimenosäiliö	Butaaninpoistokolonnin (DA-2531) ylimenosäiliö	0	
Stripperin ylimenosäiliö	DA-2801:n strippaushöyryt	2,5	
Ylimenosäiliö	Loput DA-2801:n strippaushöyryistä	0	
Ylimenosäiliö	DA-31001:n strippaushöyryt	5,2	S 31009-1
Pisaranerotin	FA-31001:n jälkeinen pisaranerotin	0	S 31303-1
Ylimenosäiliö	Jakotislauskolonnin (DA-34004) ylimeno	1,2	SBC 34027-3
Ylimenosäiliö	DA-34002:n strippaushöyryt	2,5	SB 34009-1
Matalalämpötilaerotussäiliö	EC-34001:n pesu	12	SB 34003-2
Vedenerotin	Yksikön syötöstä erotettu vesi	0	
Ylimenosäiliö	EE-36002 A/C lauhde	1	SB 36019-5
Ylimenosäiliö		2,5	
Ylimenosäiliö		1	
Pisaranerottimien keruus.		0	
Vesipesuri	Vesipesurin jätevedet	0,5	SB 9852-3
	yht.	48,9	
Laite	Vesien alkuperä	t/h	
Ammoniumtyypen poistokolonne	Kolonnin DA-1906 pesuvesi	3,8	
Säiliö	Pääkolonnin (DA-10101) strippaushöyryt	24,1	S CDU1-13-1A
Ylimenosäiliö	Loput DA-10101:n strippaushöyryistä		CDU1-4
Preflash tower	Esitislauskolonnin (DA-10150) ylimeno	3,9	S CDU1-25-1
KAK:n vedenerotin		0	
SYRP:n syötön vedenerotin		0	
Petrolin vedenerotin		0	
Vedenerotin		0	
Erotin	EC-10201:n pesuvesi	0	
Ylimenosäiliö	DA-10204:n ylimeno (EC-10201:n pesuvesi)	0	
Ylimenosäiliö	Butaaninpoistokolonnin (DA-10301) ylimeno	0	SB HDS1-20-3
Matalalämpötilaerotin	EC-10401:n ja vaihtimien pesuvedet	19,1	SB HDS1-16-2
Stripperin ylimenosäiliö	DA-10401:n strippaushöyryt	4,5	S 10701-1
Vesipesusäiliö	Vesipesusäiliön pesuvedet	0	
Ylimenosäiliö	Propaninpoistokolonnin (DA-10702) ylimeno	0,1	
Kuivain		0	S 62206-1
Pesusäiliö	Pesuvesi, strippaushöyry	3,2	S 62309-1
Kuivain		0	
Pesusäiliö	Pesuvesi, strippaushöyry	4,2	
	yht.	62,9	
	Total t/h	147,65	
	Max. Total t/h	180	
	Max. Syöttö t/h	180	

Hapanvesien analyysit

Työssä käytettyjä standardeja:

SFS3021, PH

SFS3006M, Kloridit

NM154, Ammoniakki

NM157, Rikkivety

NM84-E, Ulkonäkö

SFS3006, Kloridit

NM79, Hiilivedyt

SFSEN12260, Typpi

SFS3003, Kovuus

SFSEN1484, DOC

Analyysien tulokset:

	Analysit	Jalostamo suhteellisen keveällä raakaöljyllä.						
9.6.2014	Rikkivety mg/l	Ammoniakki mg/l	Kokonaistyyppi mg/l	DOC mg/l C	Ulkonäkö	Hiilivety mg/l	ph	Kloridit mg/l
ALKY/ DA-9807	<1	0,5	39	239	Samea	170	10,5	<2
VKT/FA-38002	<1	0,7	0,56	24,7	Samea	200	8,6	<1
KTY/FA502	2	1,9		63	Sakkaa	380	6,5	2
KTY/FA509	<1	9,3	15	65	Kirkas	13	5,4	49
8.9.2014 KAAPO/FA-8508	<1	13	16		Kirkas	21	10,1	0,5
8.9.2014 KAAPO/FA-8502	<1	19	11		Samea	700	10	7,1
Merkittävät hapanvesi määrät								
9.6.2014	Rikkivety mg/l	Ammoniakki mg/l	Kokonaistyyppi mg/l	Ulkonäkö	Hiilivety mg/l	ph	Kloridit mg/l	
VK/FA-301	?	?		?		?	?	
RT3/FA-10103	3	31	34	Sakkaa	480	7,2	2,9	
KARP3/FA-10426	?	?		?		?	?	
Pesut ja lauhteet								
9.6.2014	Rikkivety mg/l	Ammoniakki mg/l	Kokonaistyyppi mg/l	Ulkonäkö	ph	Kloridit mg/l		
BERP/FA-10201	18	22		Sakkaa	7,4	21		
VHV/FA-36005	<1	0,8		Sakkaa	8,7	<2		
BIO1/FA-62318	1	752	580	Samea	7,6	37		
BIO2/FA-85318	1	662	25	Sakkaa	7,3	27		
RT3/FA-10150	7	37	35	Samea	6,2	<2		
TL2:n vedet								
9.6.2014	Rikkivety mg/l	Ammoniakki mg/l	Ulkonäkö	Hiilivety mg/l	ph	Kloridit mg/l	Kovuus mmol/l	Rauta mikro/g
TT2/FA-2206	5	8	Sakkaa		5,8	4,7		
SYRP/FA-34003	3800	2600	Sakkaa	13	8,6	3,9		
FCC/FA-2402	640	2250	Sakkaa	1100	9,4	4,4		
HVY4 Tuotevesi	<1	32	Kirkas		7,9	0?	0,38	0
HVY4+ Tuotevesi	<1	63	Samea		9,2	29	0,54	0
8.7.2014 HVY5 Tuotevesi	<1	11	Kirkas		6,8	20	0,05	160
FA-252 hapanvesi	390	270	Sakkaa		8,4	<2		
FA-2981 hapanvesi	1700	1750	Sakkaa		8,3	2,4		
FA-10801 hapanvesi	2500	1580	Sakkaa		8,4	11		
Jalostamon raakaöljyn rikillinen ajomalli								
8.7.2014	Rikkivety mg/l	Ammoniakki mg/l	Kloridit mg/l	ph	Ulkonäkö	Kokonaistyyppi mg/l		
KARP3	11000	7650	10	8,5	Sakkaa			
TT2	24	8	4,3	5,8	Samea	7,5		
RT3/FA-10103	72	14	<2	5,7	Samea	14		
RT3/FA-10150	65	41	<2	6,8	Samea	42		