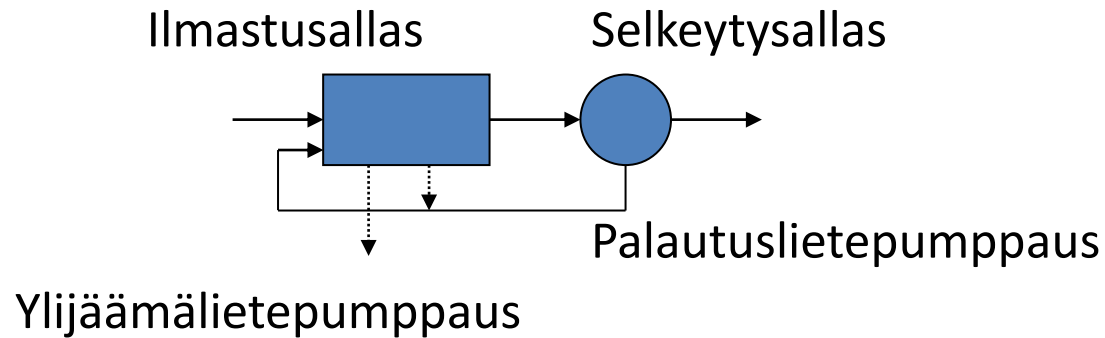




Biologis-kemiallisen puhdistamon prosessit,
ohjaus ja tulosten tulkinta

Risto Saarinen

Aktiivilieteprosessi



Ilmastusjärjestelmä

- Lisäosat / -ominaisuudet
 - Fosforin saostusjärjestelmä
 - Nitrifikaatio (ammoniumtyypen hapetus)
 - Denitrifikaatio (nitraatin pelkistys)

- Aktiivilieteprosessissa pääosan puhdistus/hajotustyöstä tekevät bakteerit, mutta mukana on myös muita pieneliöitä, kuten alkueläimiä.
- Aktiivilieteprosessin ydin on ilmastusallas, jossa bakteerien kasvuille tarjotaan riittävästi happea. Pääosa bakteereista käyttää orgaanista hiiltä (sokerit, rasvat jne) hiilen lähteenä eli ne hajottavat BHK:ta.
- Bakteerit erittävät solun ulkopuolelle polymeerejä, joiden ansiosta ne flokkautuvat keskenään ja muodostuu laskeutumiskelpoisia hiukkasia. Yksittäinen bakteerisolua ei laskeudu.
- Fosforia ja typpeä yhdyskuntajätevedessä on enemmän kuin bakteerit tarvitsevat kasvuunsa. Niiden poistamiseksi tarvitaan tehostettuja menetelmiä.
 - Fosforin kemiallinen saostus tai biologinen fosforin poisto, joissa fosfori poistuu lietteen mukana
 - Typen hapettaminen nitraatiksi ja pelkistäminen typpikaasuksi, joka haihtuu ilmakehään

- Bakteerien ja muiden eliöiden kasvunopeus vaihtelee lajeittain
- Bakteerit kasvavat ja niitä kuolee koko ajan
- Liete koostuu kasvaneesta solumassasta, metallisaostumista (enimmäkseen rauta ja alumiini) sekä hajoamistuotteista. Lisäksi lietteessä on inerttiä (reagoimatonta) materiaalia, esim savea tai hiekkaa
- Lieteikä on se aika, jonka liete keskimäärin on bioprosessissa

Ohjattavat tekijät ja niiden vaikutus

- Ilmastus: BHK:n poisto ja nitrifikaatio
- Ylijäämälietteen määrä: Lieteikä => flokkautuminen ja nitrifikaatio
- Lietekierrot: Selkeytystulos, denitrifikaatio
- Saostuskemikaalin annostelu: Fosforin poisto
- Alkaliteetin nosto (tarvittaessa): Nitrifikaation ylläpito

- Ilmastuksen ohjaus
 - Happipitoisuuden mittaus
 - kun happea on jäljellä, kaikki tarvittava on saatu prosessiin
 - allaskohtaisesti ja allasvaiheittain
 - mitattu pitoisuus = ylijäämä = syötetty – kulutettu
 - nitrifikaation vaatiman tilavuuden vuosimuutokset vaikuttavat tarvittavaan ilmastustilavuuteen
 - muu osa ilmastusaltaasta voi olla hapettamattomana anoksivöhykkeenä
 - Tavoitteet
 - riittävä hapen syöttö BHK:n poistoon ja nitrifikaatioon
 - vähintään 1-2 mg/l
 - ei liikaa happea, mikä estäisi denitrifikaation
 - taloudellinen energian käyttö
 - enintään 2-3 mg/l
 - riittävä sekoitus

- Hapen tarve:

1 g BHK = 1 g happea

1 g ammoniumtyppeä = 4,6 g happea

- Esimerkki:

BHK-pitoisuus 250 mg/l +

Typpipitoisuus 40 mg/l +

jäännöshappipitoisuus 2 mg/l =

$$250 + 4,6 * 40 + 2 =$$

Kokonaishapentarve 436 mg/l

- Systemistä on säännöllisesti poistettava pumppaamalla lietteen kasvua vastaa osuus eli ylijäämäliete.
- Lietteen tuotto eli ylijäämälietteen määrä voidaan karkeasti laskea
 - Tavallisesti 0.5-1 kgSS/kg hajotettua BOD7 kg kohti
- Lietteen pituutta säätämällä voidaan ohjata aktiivilietteen koostumusta
- Nitrifikaatiobakteereilla on alhainen kasvunopeus, jolloin ne häviävät kilpailussa aktiivilietteen muille bakteereille

Ylijäämälietteen ohjaus

- Lieteiän määrittäminen
 - Lieteikä ja lietekuorma ovat riippuvaisia toisistaan
 - korkea lieteikä (vrk) johtaa alhaiseen lietekuormaan (kg BHK / kg lietettä / vrk) ja päinvastoin
 - Lieteikä määritettävissä ja hallittavissa
- Tavoitteet
 - mikrobilajiston valikoituminen
 - flokkautumisen mahdollistamiseksi
 - » solut erittävät polymeerejä ”vanhetessaan”
 - » riittävä määrä rihmamaisia bakteereja
 - » tavallisesti alarajana 2-3 vrk lieteikä
 - nitrifikaation vaatimuksena on riittävän korkea lieteikä, joka on lämpötilasta riippuvainen
 - » esim. 4 °C vaatii vähintään 20 vrk lieteiän
 - » esim. 10 °C vaatii vähintään 10 vrk lieteiän

Lietettä poistuu prosessista pääosin ylijäämälietteenä, mutta osin myös puhdistetun veden mukana.

LIETEIÄN LASKENTA

$$q = V \cdot MLSS / (Q_y \cdot SS_y + Q \cdot SS_u) = \frac{\text{lietemäärä ilmastusaltaassa}}{\text{vuorokaudessa poistunut lietemäärä}}$$

q	Lieteikä (vrk)
V	Ilmastusaltaan tilavuus (m ³)
MLSS	Lietepitoisuus ilmastusaltaassa (g/l)
Q _y	Ylijäämälietemäärä (m ³ /vrk)
SS _y	Kiintoainepitoisuus ylijäämälietteessä (g/l)
Q	Jätevesivirtaama (m ³ /vrk)
SS _u	Kiintoainepitoisuus käsitellyssä jätevedessä (g/l)

- Kun prosessiolosuhteisiin on tehty muutos (esim. pumppausten muutos), kestää 3-4 lieteiän mittainen aika ennen tilanteen tasaantumista ja johtopäätösten tekoa.
- Lieteikä voidaan laskea koko bioprosessille tai sen yksittäiselle vyöhykkeelle. Silloin on oltava tarkkana, mitä numeroarvoja verrataan keskenään.

- Selkeytsaltaassa olevaa lietemäärää ei oteta huomioon lieteiän laskennassa.
- Lietteen aktiivisuus selkeytsaltaassa on yleensä pieni.
- Lietemäärä selkeytsaltaassa voi kuitenkin olla huomattava. Ison tulovirtaaman jälkeen suuri osa biolietteestä voi olla selkeytsaltaassa ja se palautuu takaisin ilmastukseen kun tulovirtaama tas laskee.
- Lieteikä on laskettava pitemmän ajan, mieluummin usean vuorokauden keskiarvona tai selvässä tasapainotilassa.

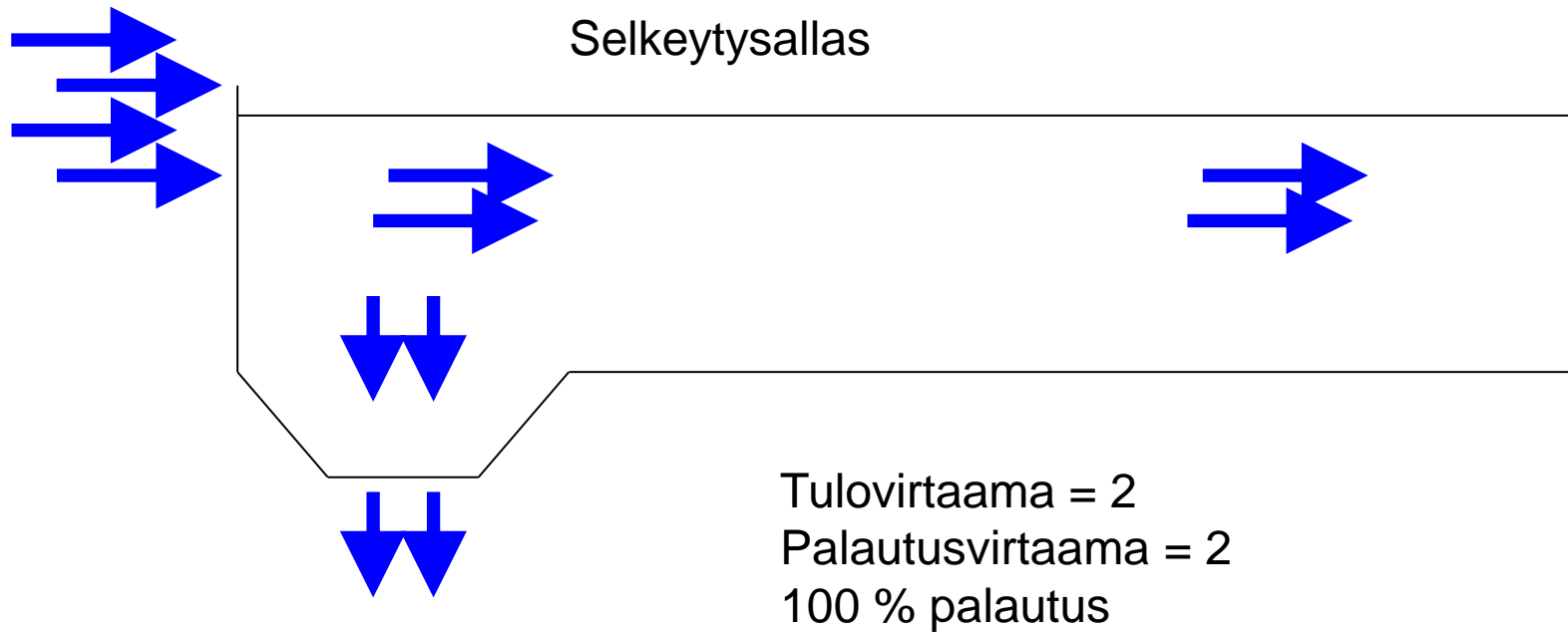
- Hajotettaessa vain orgaanista ainetta kahden tai kolmen vuorokauden lieteikä on riittävä.
- Nitrifikaatio edellyttää huomattavasti pitempää lieteikää.
- Tarpeettoman korkea lieteikä kuormittaa prosessia (ilman tarve ja lietepitoisuudet kasvavat) ja epäorgaanisen aineksen osuus lietteessä kasvaa.
- Joskus lieteikä nostetaan korkeaksi ja lietepitoisuus kasvaa huomattavasti, jolloin selkeytysaltaan lietepintakuorma taas kasvaa liian suureksi. Silloin bioprosessiin johdettavaa virtaamaa pitää rajoittaa.

Lietekiertojen ohjaus

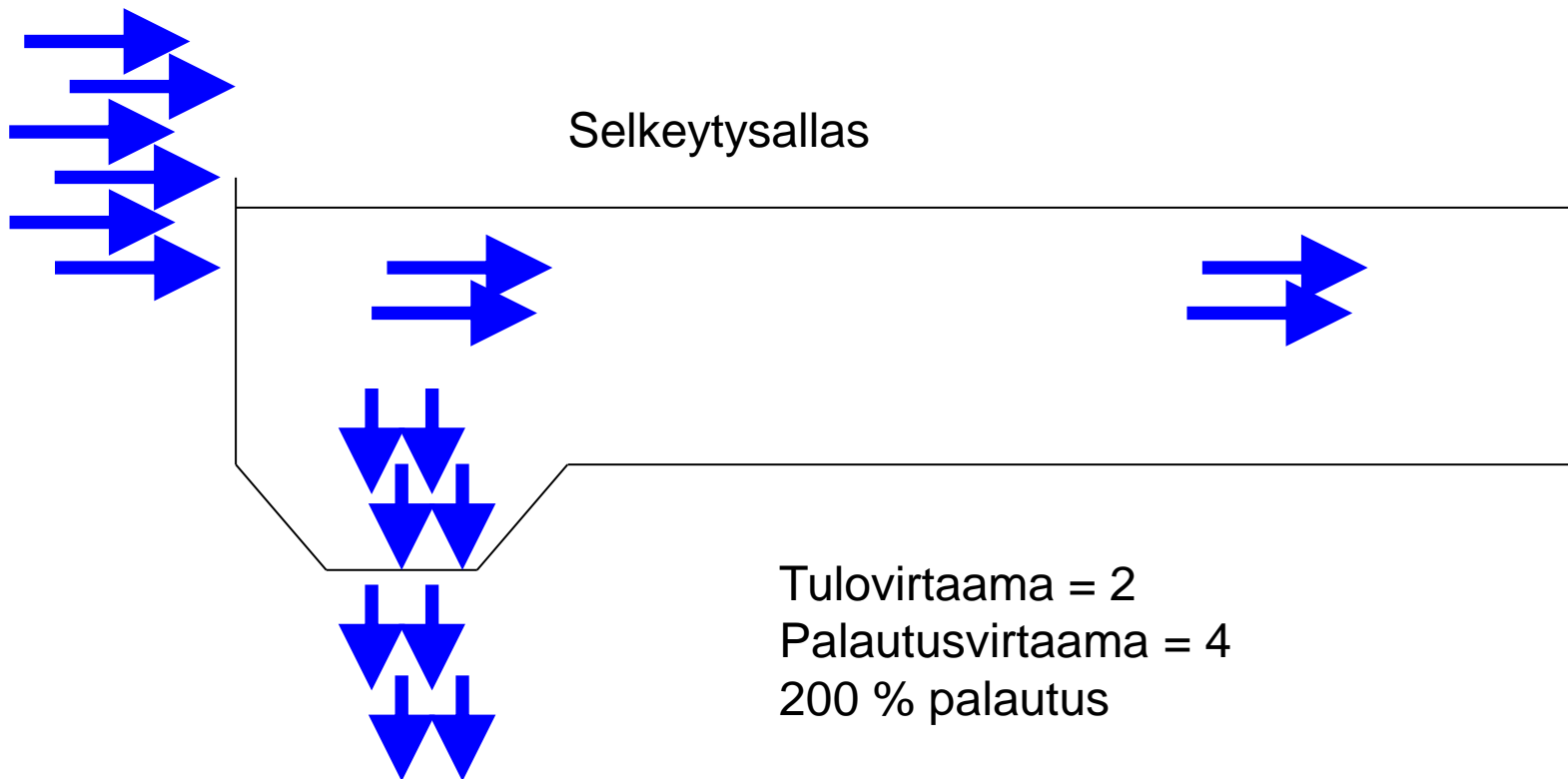
– Palautuslietekierto

- toimittaa ympin ("siemenlietteen") aktiivilieteprosessille
- estää lietteen mätänemisen (hajoamisen) selkeytysaltaassa
- tavallisesti määrä 50-200 % tulovirtaamasta
 - huomattavasti suurempikin palautuslietekierto mahdollista
- selkeytysaltaassa voi tapahtua denitrifikaatiota, jos lietemäärä on riittävän suuri
 - varottava lietteen karkaamista

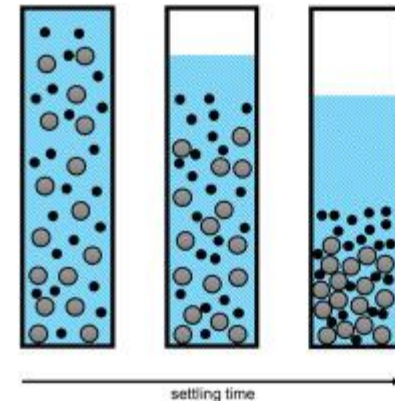
- Palautuslietteen ohjaus A



- Palautuslietteen ohjaus B

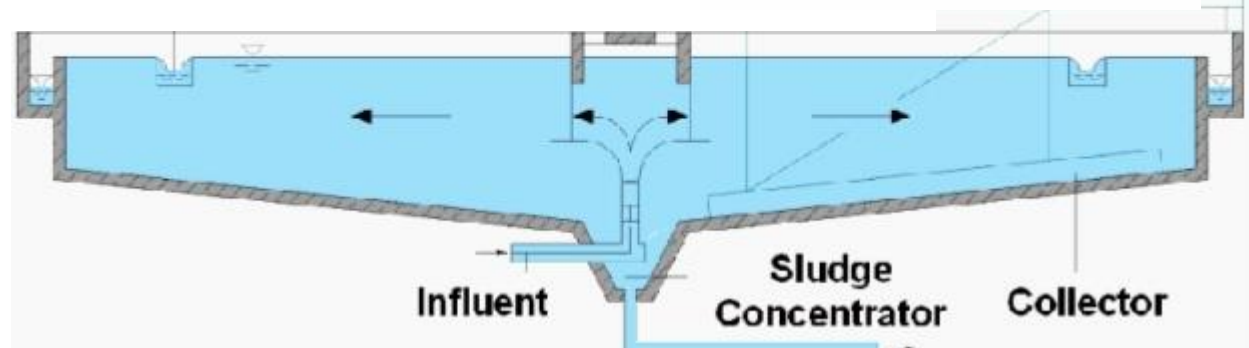
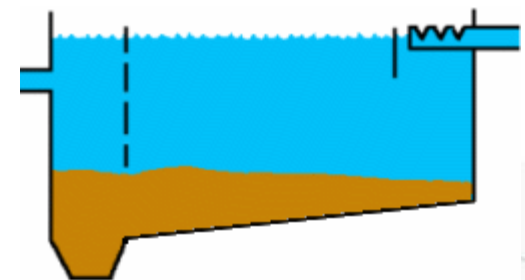


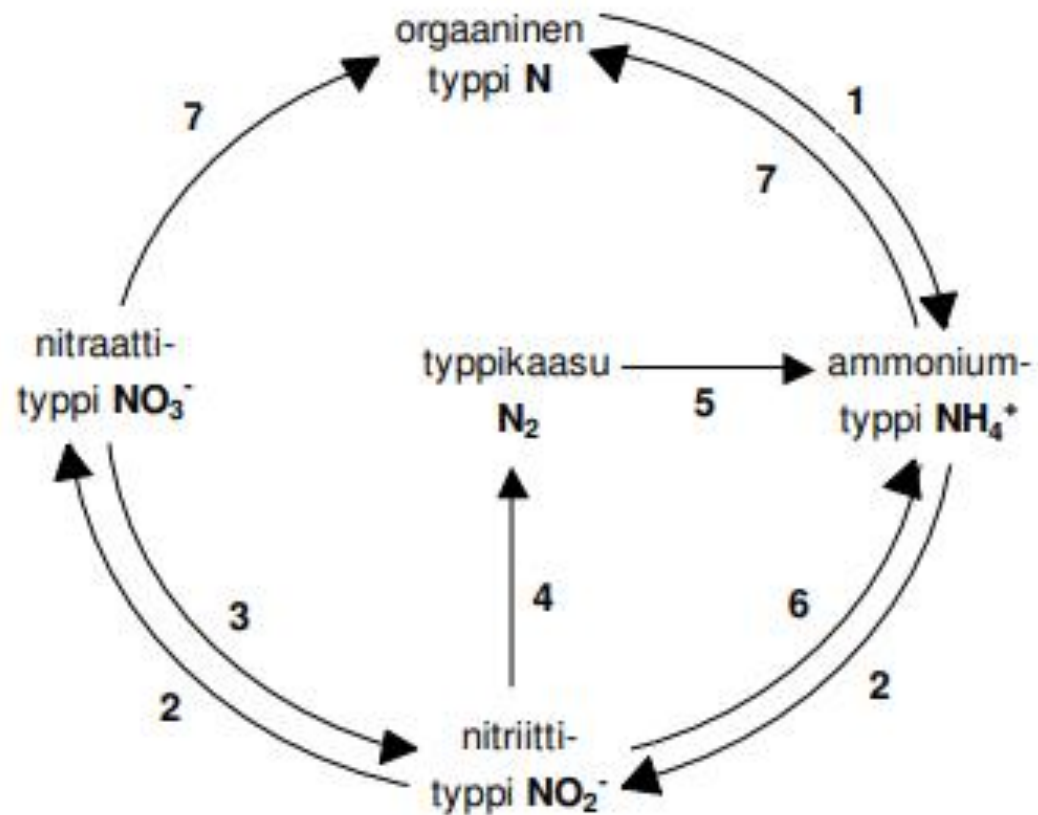
- Aktiivilieteprosessin oleellinen osa on biolietteen riittävä palautus selkeytsaltaasta ilmastusaltaaseen, tavallisesti 50-200 % tulovirtaamasta
- Lietteen laskeutumisenopeuden tulee olla riittävän hyvä, jotta se ehtii laskeutua selkeytsaltaassa.
- Polymeerin käyttö nopeuttaa laskeutumista ja parantaa selkeytetyn veden laatua.



Lieteindeksi (ml/g) =
 $\frac{1/2 \text{ tunnin laskeuma (ml/1000 ml)}}{\text{lietepitoisuus (g/l)}}$

Lieteindeksi yli 200 -> paisuntaliete (=prosessihäiriö)





Kuva 1. Typenkierto jäteveden puhdistuksessa: 1 ammonifikaatio, 2 nitrifikaatio, 3 pelkistyminen, 4 denitrifikaatio, 5 fiksaatio, 6 assimilatiivinen pelkistyminen ja 7 assimilaatio.

Nitrifikaatio käynnistyy, kun happea on tarpeeksi ja lieteikä on riittävän korkea



Reaktiossa alkaliteetti laskee. Prosessiin on lisättävä kalkkia, jos alkaliteetti on selvästi alle 1 mmol/l

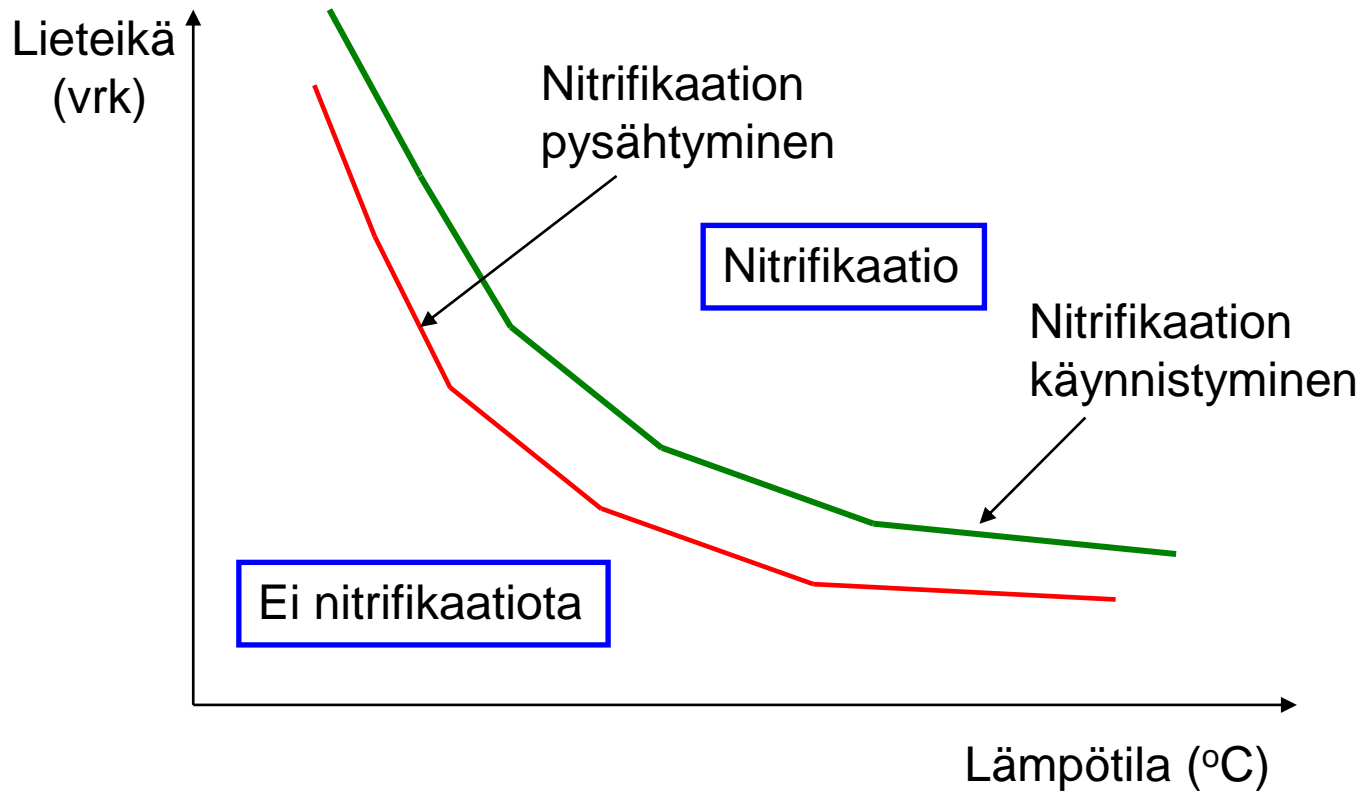
pH on vetyionin pitoisuuden käänteinen logaritminen lukuarvo.

Alkaliteetti ilmaisee puskurikyvyn pH-muutoksia vastaan

Hyvin toimivalla nitrifikaatiolaitoksella saavutetaan 1 mg/l ammoniumtyppipitoisuus. Yli 4 mg/l tulos merkitsee jonkun tasoista prosessihäiriötä.

Aktiivilieteprosessi

- Ylijäämälietteen ohjaus



Denitrifikaatio käynnistyy, kun prosessia ei ole happea ja jätevedessä on biohajoavaa orgaanista hiiltä (sokeri, tärkkelys, alkoholi = BHK)



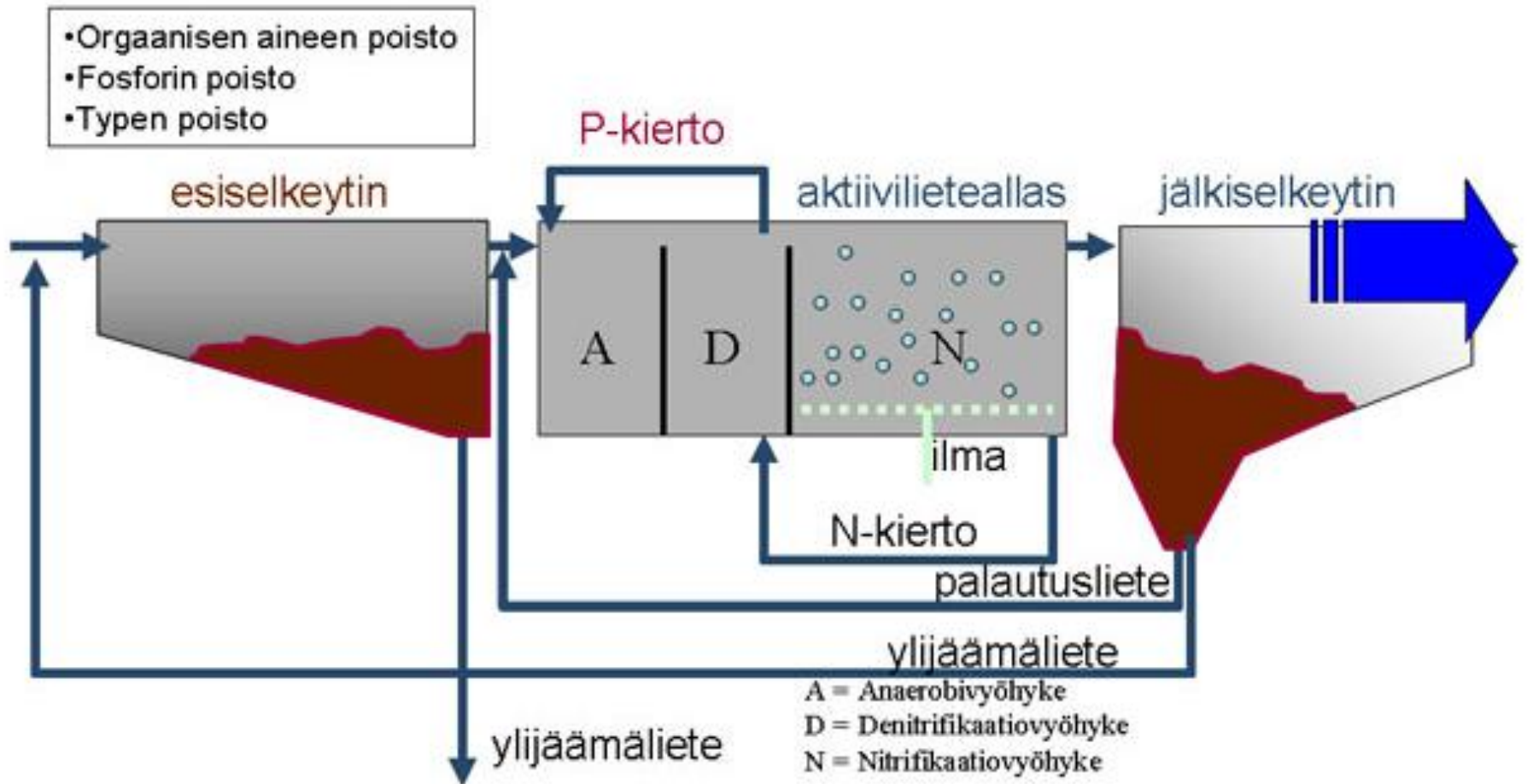
Reaktiossa kulutetaan happamuutta ja tuotetaan alkaliteettia noin puolet siitä, mitä nitrifikaatio kuluttaa

Ongelma: Nitrifikaatio kuluttaa "kaiken orgaanisen aineksen. Mistä saadaan orgaaninen hiili?

Ratkaisu: Täydennetään prosessia lisävaiheella, johon lisätään metanolia. Tai sitten kierrätetään nitrifikaation jälkeen nitraattipitoinen liete altaan alkuun, missä orgaanista ainesta (BOD) ei vielä ole hajotettu.

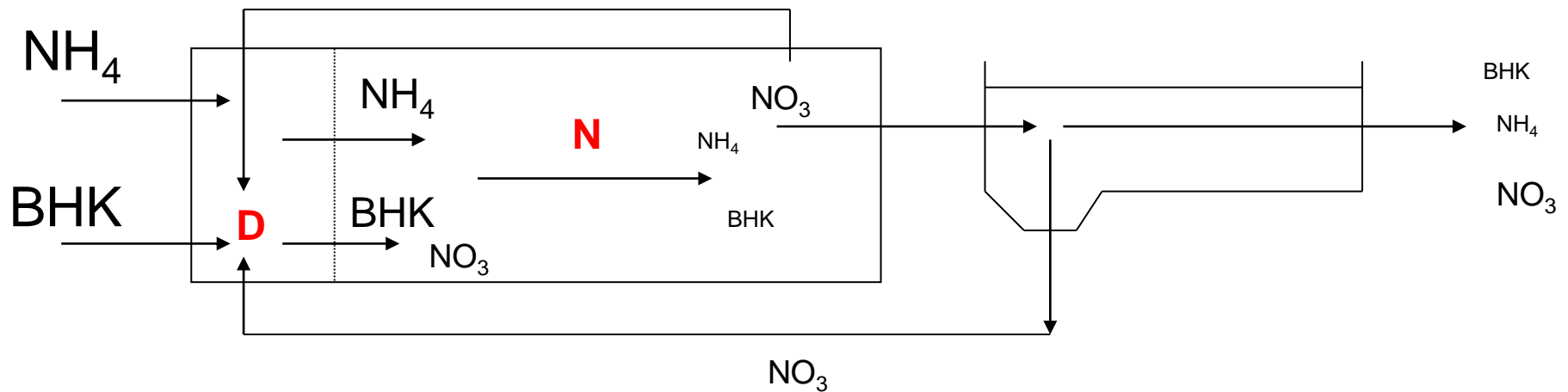
Typpeä poistuu biologisessa puhdistuksessa ilman denitrifikaatiota noin 1/3. Nitraattikierrolla varustettu denitrifikaatioprosessi poistaa toisen kolmanneksen. Tätä parempi typenpoisto edellyttää yleensä jälkidenitrifikaatiota ja/tai metanolin tms. Annostelua.

Aktiiviliete prosessi, jossa on sekä typenpoisto että biologinen fosforinpoisto



Typenpoistoprosessi

- Nitraattikierron ohjaus



D = denitrifikaatio; tarvitsee BHK:ta ja nitraattia, korottaa alkaliteettia

N = nitrifikaatio; tarvitsee happea ja ammoniumtypeä, kuluttaa alkaliteettia

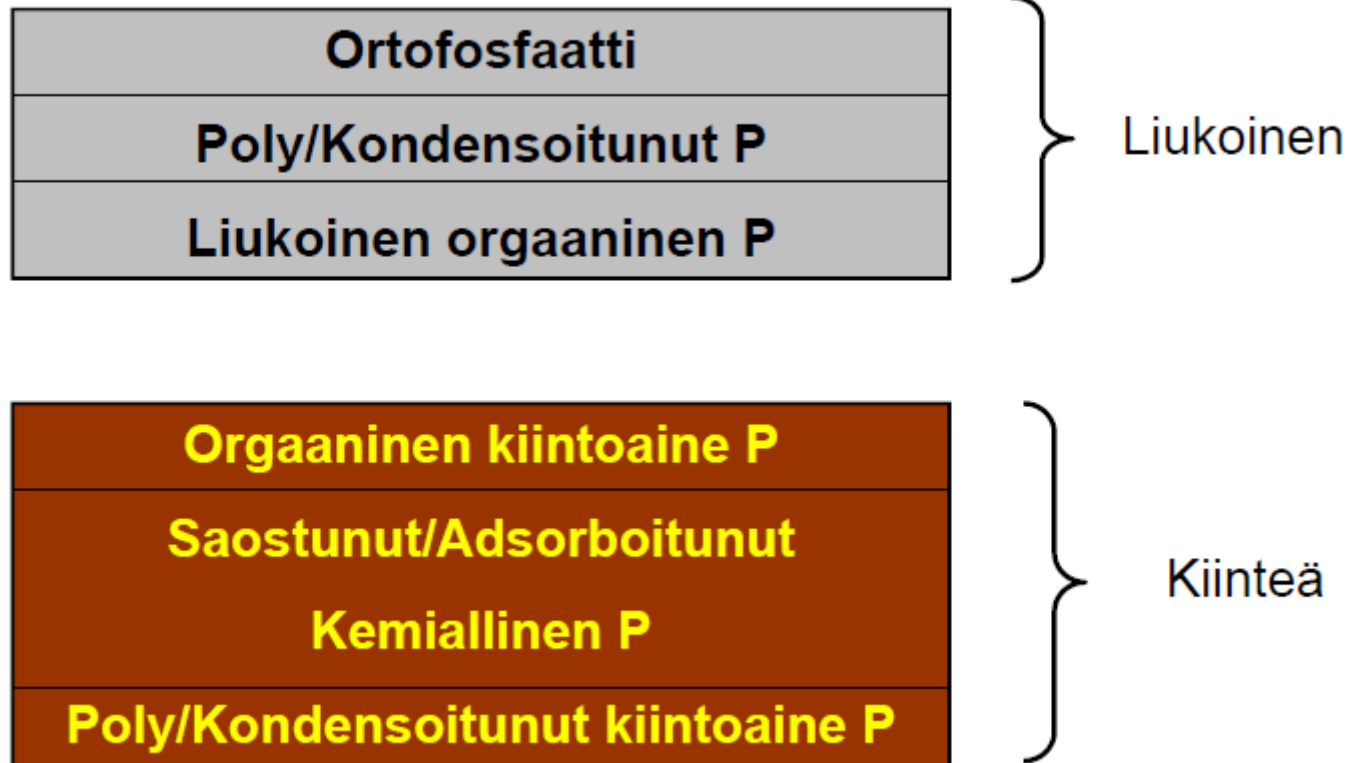
- Korkean lieteiän vaikutuksia
 - Bioliete mineralisoituu pitemmälle
 - Bioliete stabiloituu pitemmälle
 - Lietteen epäorgaanisen aineksen osuus kasvaa
 - Mädätyksessä saatavissa olevan kaasun määrä laskee

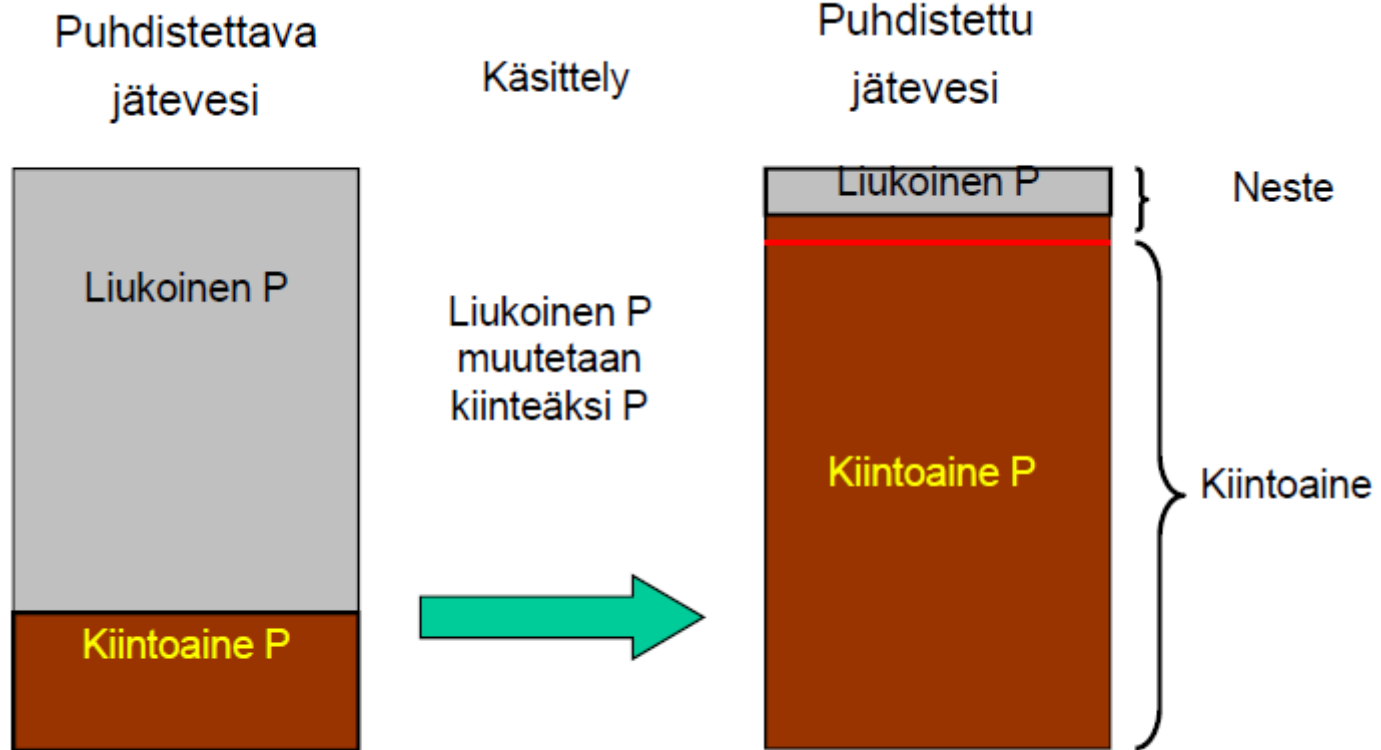
- Korkeiden virtaamien aikana on parempi johtaa biologisen käsittelyn ohi esikäsiteltyä kohtuullisen laimeata jätevettä sen sijaan, että aktiivilietettä huuhtoutuu vesistöön.
- Lietteiden menettämisen seurauksena voidaan riittävän lietemäärän kasvattamiseen mennä pitkään aika. Jos menetetään nitrifioiva bakteerikanta, prosessin palautuminen voi kestää viikkoja tai kuukausia.

- Alkaliteetin ylläpito

- Alkaliteetti = veden puskurikyky pH-muutoksia vastaan
 - kun alkaliteetti on korkea, pH:n laskuun tarvitaan paljon happoa ja kun se on matala, hapon tarve on pieni
 - saostuskemikaalit ovat happamia
 - alkaliteetti mitataan laboratorioanalyysillä
- Alkaliteetin laskua voidaan korjata
 - kalkilla
 - lipeällä
 - soodalla
- Ongelmia alkaliteetin laskiessa
 - vesi samenee, kun bioflokki ei pysy ”kasassa”
 - alkaliteettitavoitteena vähintään 0,5 mmol/l
 - saostuskemikaali laskee pH:ta liikaa eikä saostaminen onnistu
 - saostukseen vaaditaan sopiva pH

- Kokonaisfosfori = liukoinen fosfori + kiintoainefosfori

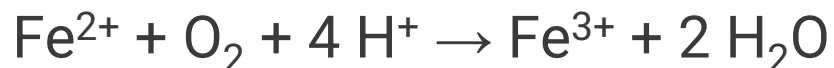




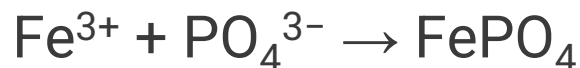
Ferrosulfaatin liukeneminen:



Raudan hapettuminen kahdenarvoisesta kolmenarvoiseksi (osin esi-ilmastuksessa, pääosin ilmastuysaltaassa):



Fosfaatille aktiivinen kolmenarvoinen rauta reagoi fosfaatin kanssa, jolloin syntyy rautafosfaattia:

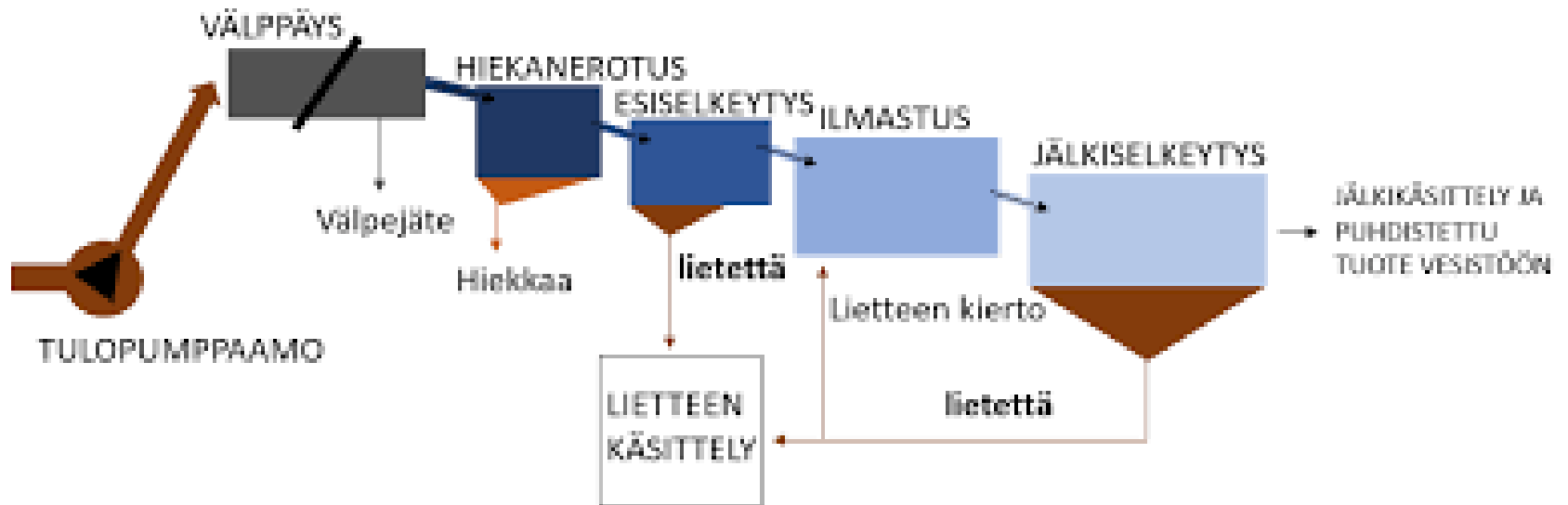


Saostuskemikaaleina käytettävissä ferrosulfaatti, ferrisulfaatti, alumiinisulfaatti, polyalumiinikloridi

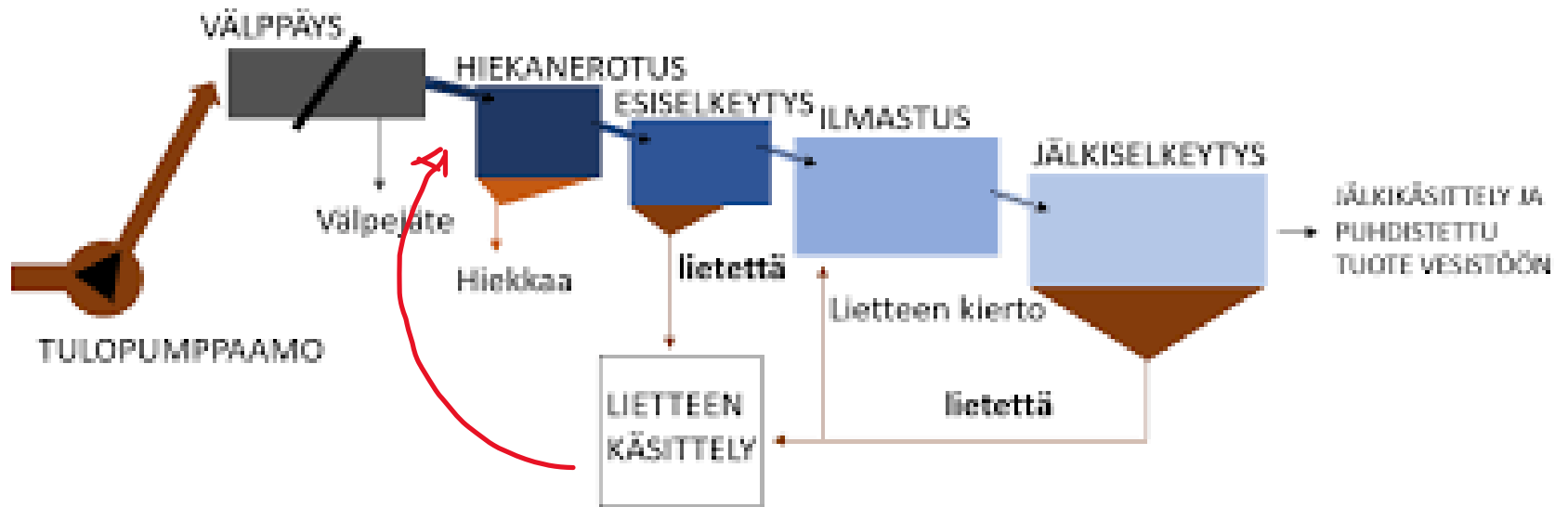
- Teoriassa yhtä fosforikiloa kohti tarvitaan yhdeksän kiloa ferrosulfaattia.
- Käytännössä rautaa kuluu erilaisiin sivureaktioihin niin paljon, että tarve 1,5-2 kertaa teoreettinen tarve
- Nyrkkisääntönä ferroa annostellaan 20 kertaa fosforimäärä
- Jäännösfosforin pitoisuus riippuu enimmäkseen käytetyn saostuskemikaalin määrästä, ei tulopitoisuudesta
- Taso 0,5 mg/l kohtuullisen helposti saavutettavissa, jos puhdistamo on hyvin suunniteltu.
- Taso 0,3 mg/l on hyvä tulos ja edellyttää hyvin suunniteltua prosessia, jota käytetään huolella.
- Taso 0,1 mg/l on erinomainen ja jatkuvasti tämän saavuttaminen on poikkeuksia lukuun ottamatta mahdollista vain, jos käytössä on jälkikäsitteily (esim. jatkuvatoiminen tai staattinen hiekkasuodatus tai kiekkosuodatus)

- Ferron käyttöä voidaan tehostaa annostelemalla se kaksipistesyöttönä laitoksen TAI ilmastusaltaan alkuun JA ilmastusaltaan loppuun.
- Fosforin poistoa voidaan parantaa annostelemalla polymeeriä selkeytykseen menevään biolietteeseen noin 0,5-1 g/l. Sama polymeerilaatu kuin lietteen kuivauksessa ei välttämättä ole paras.
- Saostuskemikaalin annostelun tehokkuutta seurataan mittaamalla lähtevän veden ortofosfaatin pitoisuus. Huom! Kokonaisfosfori = ortofosfaatti + muu liukoinen fosfori + kiintoainefosfori

Tämä olisi helppoa,

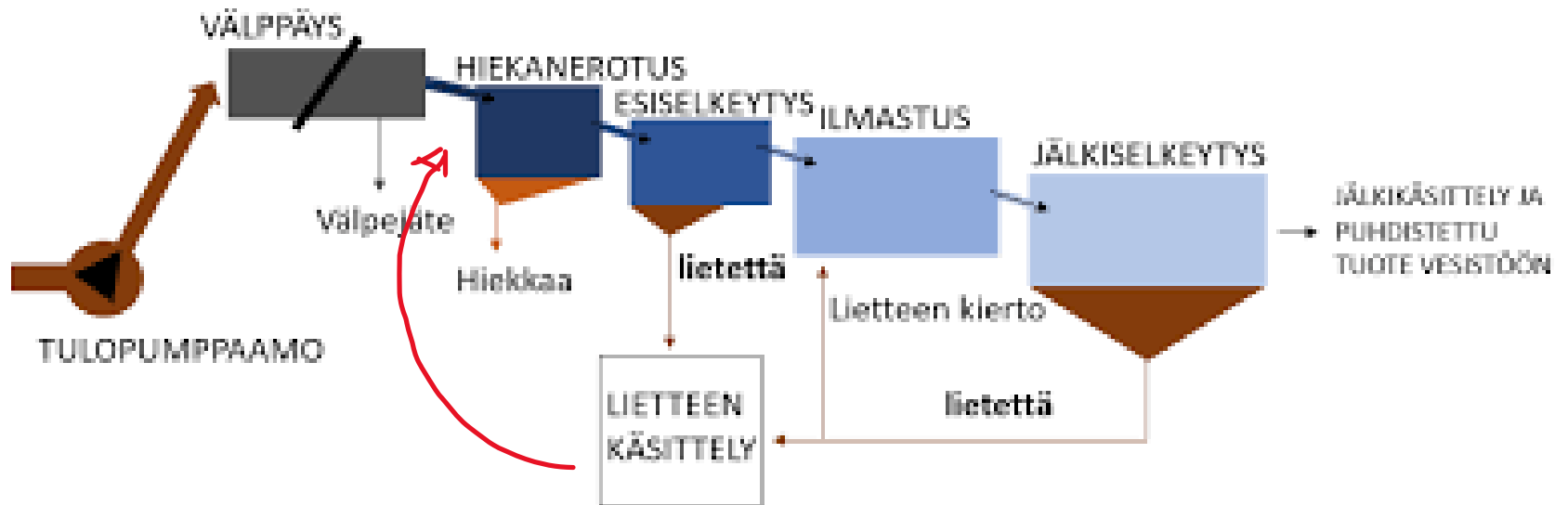


Tämä olisi helppoa,



ellei olisi tätä

Tämä olisi helppoa,



ellei olisi tätä
(=rejektivesi)

Lietteen käsittely

- Lietelaadut
 - Esiselkeytysliete (raakaliete, primääriliete)
 - Ylijäämäliete (bioliete)
 - Muut lietteet (sakokaivoliete, kemiallisen jälkikäsittelyn liete)
- Tekniikat
 - Sakeutus (laskeutus, linkous, ...)
 - Mädätys
 - Mekaaninen kuivaus (linko, ruuvipuristin, suotonauhapuristin)
 - Terminen kuivaus
 - Kompostointi

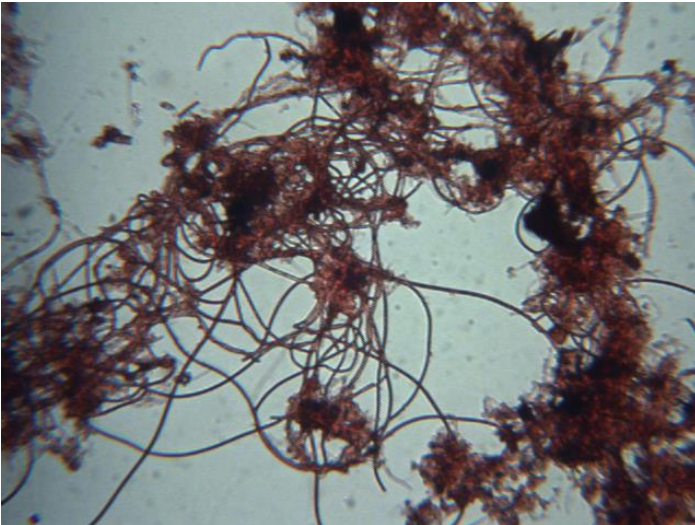
- Lietteiden käsittelyn rejektivesi
 - Johdetaan tavallisesti laitoksen alkuun
 - Mahdollinen esikäsittely rejektivedelle
 - Riski: Rejektiveden laatua ei tarkkailla, mikä voi johtaa suureen sisäiseen kuormitukseen ja puhdistamon ylikuormittumiseen. Joskus rejektiveden mukana on vesiprosessiin tullut saman verran orgaanista ainetta, ravinteita ja kiintoainetta kuin viemäristä.



Meniköhän tässä jokin pieleen?

Rihmabakteereja suosivia olosuhteita

- Hapen puute
- Ravinteiden puute
- Paljon helposti hajoavaa BHK:ta
- Alhainen lietekuorma
- Sulfidit
- Normaalialue väkevämpi jätevesi
- Nitrifikaatio
- Pinta-aktiiviset aineet
- Hydrofobiset aineet
- Huono selkeytin (rasvojen hydrolyysi)
- Pumput rikkovat soluja (proteiinit vap.)
- Nitriitti
- Rasvoja jätevedessä
- Pitkä lieteikä



Mahdollisia muutostöitä rihmojen välttämiseksi

- Spesifiset menetelmät
 - selektorit
 - aerobiset
 - anoksiset (ei happea)
 - anaerobiset (ei happea eikä nitraattia)
 - lieteiän pidennys
 - lieteiän alentaminen
 - hapetuksen lisäys
 - ravinteiden lisäys
- Epäspesifiset menetelmät
 - klooraus
 - vetyperoksidi
 - polymeeri
 - epäorgaaninen saostuskemikaali
 - mikrobi- ja entsymivalmisteet
 - otsonointi

Tyypillisiä ”rihmalaitoksia”

A. Täysin ilmastetut laitokset
Runsaasti liukoista ravintoa
Niukasti ravinteita
Niukasti happea

B. Runsaasti pinta-aktiivisia
aineita tai rasvoja

C. Biologisesti ravinteita
poistavat laitokset
Hapettomia vyöhykkeitä

D. Pelkistyneet rikkiyhdisteet
jätevedessä

Ohje paisuntalietteestä kärsivälle laitokselle:

Älä ryhdy sokkona tekemään mitään.
Se menee todennäköisesti pieleen.

Jos jo teit eikä mennyt, jätä lottokuponki,
sillä olet onnekkaiden sukua.