



RĪGAS TEHNISKĀ  
UNIVERSITĀTE

---

# NOTEKŪDEŅU NOVADĪŠANA. METODISKIE NORĀDĪJUMI STUDIJU PROJEKTA IZSTRĀDEI

---





RĪGAS TEHNISKĀ  
UNIVERSITĀTE

Būvniecības inženierzinātņu fakultāte  
Siltuma, gāzes un ūdens tehnoloģijas institūts  
Ūdens inženierijas un tehnoloģijas katedra

# **Notekūdeņu novadišana**

**Metodiskie norādījumi  
studiju projekta izstrādei**

RTU Izdevniecība  
Rīga 2019

Ksenija Golovko, Romāns Neilands, Kristīna Tihomirova. **Notekūdeņu novadīšana. Metodiskie norādījumi studiju projekta izstrādei.** Mācību metodiskais līdzeklis. Rīga: RTU Izdevniecība, 2019, 49 lpp.

Metodiskais līdzeklis paredzēts RTU Būvniecības inženierzinātņu fakultātes studentiem (siltuma, gāzes un ūdens tehnoloģija, BŪK 328. priekšmets) notekūdeņu attīrīšanas studiju projekta veikšanai. Tajā apkopoti norādījumi mehāniskās un bioloģiskās attīrīšanas posmu aprēķinu veikšanai, kā arī bioreaktora aerācijas, nogulšņu masas un hidraulisko zudumu noteikšanas pamatprincipi.

Metodiskais līdzeklis būs noderīgs arī visiem interesentiem, kuri vēlas iepazīties ar notekūdeņu attīrīšanas procesu un aprēķina principiem.

Zinātniskais redaktors *Dr. sc. ing.* Romāns Neilands

Literārā redaktore	Rūta Lapsa
Tehniskā redaktore	Irēna Skārda
Datorsalikums	Baiba Puriņa
Vāka dizains	Paula Lore

Izdevējs RTU Izdevniecība  
Kaļķu iela 1, Rīga, LV-1668  
Tālrunis: +371 67089123  
E-pasts: [izdevnieciba@rtu.lv](mailto:izdevnieciba@rtu.lv)

<https://doi.org/10.7250/9789934223662>

ISBN 978-9934-22-366-2 (pdf)

© Rīgas Tehniskā universitāte, 2019

# Saturs

1. Ievads studiju projektā.....	4
2. Tehniskie noteikumi notekūdeņu attīrīšanas iekārtām.....	5
3. Hidrauliskās slodzes un piesārņojošo vielu aprēķins.....	8
3.1. Diennakts caurplūdes aprēķins .....	8
3.2. Piesārņojošo vielu slodzes un koncentrācijas .....	10
4. Notekūdeņu mehāniskās attīrīšanas iekārtu aprēķins.....	12
4.1. Pieņemšanas kamera .....	12
Plūsmas izlīdzināšana .....	12
4.2. Redeles.....	13
Rupjās redeles .....	13
Smalkās redeles .....	15
4.3. Smilšķērējs .....	16
4.4. Pirmējais nostādinātājs .....	20
5. Notekūdeņu bioloģiskās attīrīšanas iekārtu aprēķins.....	24
5.1. Bioreaktors.....	24
5.2. Otrējais nostādinātājs.....	31
6. Aerācijas aprēķins .....	36
7. Nogulšņi un liekās dūņas .....	39
8. Hidraulisko zudumu noteikšana .....	42
9. Atsauces .....	46
10. Pielikumi .....	47
1. pielikums. Tehnoloģiskā shēma (Notekūdeņu attīrīšana, 2019).....	48
2. pielikums. Hidrauliskais profils.....	49

## 1. Ievads studiju projektā

Notekūdeņu attīrīšanas stacija ir svarīga modernas infrastruktūras komponente, kas nodrošina piesārņojošo vielu izdalīšanu un videi nekaitīga ūdens novadīšanu dabiskās ūdenstilpnēs. Pasaulē joprojām ir aktuāli nodrošināt efektīvu un ekonomiski izdevīgu notekūdeņu attīrīšanas procesu. Latvijā visizplatītākā notekūdeņu attīrīšana vidēja un liela izmēra stacijās ir bioloģiskā notekūdeņu attīrīšanas tehnoloģija (aktīvo dūņu process).

Bioloģiskā attīrīšanas tehnoloģija spēj nodrošināt piesārņojošo vielu degradēšanu un augstas kvalitātes izplūdi. Viena no iespējamām bioloģiskās attīrīšanas tehnoloģijām ir plaši pazīstamā aktīvo dūņu procesa tehnoloģija. Tā ir ekonomiski izdevīga un efektīva tehnoloģija. Tomēr vairāku faktoru ietekmes rezultātā procesa efektivitāte var būtiski mainīties. Tāpēc, izmantojot šo procesu, ir jāņem vērā, ka aktīvās dūņas ir jutīgas pret straujām ekspluatācijas apstākļu izmaiņām un tām ir nepieciešams aklimatizācijas laiks.

Veidojot bioloģiskās notekūdeņu attīrīšanas stacijas jeb iekārtas (NAI) projektu, ir nepieciešams veikt dažu stacijas posmu analīzi konkrētam gadījumam un aprēķinus iekārtu potenciālajai efektivitātei. NAI ir vairāki posmi: mehāniskā attīrīšana; bioloģiskā attīrīšana; dūņu apstrāde. Katrā posmā ir iekārtu kopums, kas nodrošina stacijas darbības kopējo efektivitāti.

Studiju projekts ietver mehāniskās attīrīšanas daļas (redeles), bioloģiskās attīrīšanas posma (aktīvo dūņu reaktors, nostādinātājs) un lieko dūņu apstrādes iekārtas aprēķinu veikšanu, hidraulikas pamata aprēķinus, kā arī tehnoloģiskās un hidrauliskās shēmas izveidi.

## **2. Tehniskie noteikumi notekūdeņu attīrīšanas iekārtām**

Veicot notekūdeņu attīrīšanas iekārtu aprēķinus, ir jāņem vērā Ministru kabineta noteikumi Nr. 34 "Par piesārņojošo vielu emisiju ūdenī" 4. tabulas datus par ieplūdes parametru vērtībām, ko var novadīt uz sadzīves notekūdeņu attīrīšanas iekārtām. Ja studiju projektā kāds parametrs neatbilst noteikumiem, jānodrošina papildu priekšattīrīšana (piemēram, taukķērājs pie ražošanas uzņēmuma).

Studiju projekta mērķis ir iegūt NAI izplūdes kvalitāti, kas atbilst MK noteikumiem Nr. 34 1. un 2. tabulas datiem par piesārņojošo vielu samazinājumu un vērtībām, kas nodrošina videi nekaitīgu ūdens novadišanu.

Studiju projektā ir jābūt slodžu aprēķiniem, lai varētu noteikt notekūdeņu attīrīšanas ietaises komponentu izmērus, skaitu, slodzi, attīrīšanas efektivitāti un hidrauliskos zudumus.

Sadzīves notekūdeņu slodzes aprēķiniem ir izveidota 2.2. tabula ar piesārņojošo vielu vērtībām no viena cilvēka ekvivalenta (CE) diennaktī. Industriālo notekūdeņu slodzes aprēķiniem galveno parametru vērtības kursa darba materiālos ir dotas izejas parametros. Asenizācijas notekūdeņu parametru koncentrācijas ir norādītas 2.3. tabulā.

2.1. tabulā ir redzams ieplūdes un izplūdes parametru apkopojums, vadoties pēc MK noteikumu Nr. 34 prasībām, kas norādītas 1., 2. un 4. tabulā.

**Prasības NAI ieplūdes un izplūdes parametriem**

Parametrs	Prasības pret ieplūdi (mg/l)	Cilvēku ekvivalents (CE)	Piesārņojuma samazinājuma prasības (mg/l un/vai %)
Bioķīmiskais skābekļa patēriņš BSP <sub>5</sub> , ja temperatūra ir 20 °C (neveicot nitrifikāciju)	150–350	< 200	atbilstoša attīrīšana (-)
		200–2,000	atbilstoša attīrīšana (50–70 %)
		2,000–10,000	zem 25 mg/l (70–90 %)
		> 10,000	zem 25 mg/l (70–90 %)
Ķīmiskais skābekļa patēriņš ĶSP	210–740	< 200	atbilstoša attīrīšana (-)
		200–2,000	atbilstoša attīrīšana (50–75 %)
		2,000–10,000	zem 125 mg/l (75 %)
		> 10,000	zem 125 mg/l (75 %)
Suspendētas vielas	120–450	< 10,000	zem 35 mg/l (90 %)
		> 10,000	zem 35 mg/l (90 %)
Kopējais slāpeklis N	20–80	< 2,000	atbilstoša attīrīšana (-)
		2,000–10,000	atbilstoša attīrīšana (10–15 %)
		10,000–100,000	zem 15 mg/l (70–80 %)
		> 10,000	zem 10 mg/l (70–80 %)
Kopējais fosfors P	6–23	< 2,000	atbilstoša attīrīšana (-)
		2,000–10,000	atbilstoša attīrīšana (10–15%)
		10,000–100,000	zem 2 mg/l (80 %)
		> 10,000	zem 1 mg/l (80 %)

Notekūdeņu attīrīšanas tehnoloģijas izvēlas, pamatojoties uz aprēķināto cilvēku ekvivalentu CE. Vispārīgas prasības pret NAI (CE > 5,000) projektu ir šādas:

- NAI ir jāparedz mehāniskā attīrīšana, bioloģiskā attīrīšana un nogulšņu apstrāde;
- lai garantētu NAI augstu efektivitāti, ir jānodrošina hidrauliskās jaudas rezerve, tādējādi novēršot iespējamās pārslodzes maksimālās plūsmas laikā;
- ir jānodrošina vienāda plūsma pa paralēlām procesa līnijām, lai vienas līnijas tehnisko problēmu gadījumā netiktu pārtraukta visas stacijas darbība;
- NAI tiek konstruēta tā, lai tā darbotos pašteces režīmā un netiktu iekļauta pārsūkņēšana starp attīrīšanas posmiem;
- starp ūdens līmeni un tvertnes augšējo līmeni ir jāparedz 300 mm augstuma rezerve.

Notekūdeņu piesārņojošo vielu vērtības uz vienu cilvēku ekvivalentu diennaktī ir norādītas 2.2. tabulā, vērtības ir adaptētas no LBN 223-15 15. tabulas.

**1 CE piesārņojošo vielu slodze diennaktī**

Parametrs	Vērtība uz 1 CE (g/(CE-dn))
BSP <sub>5</sub> (bioķīmiskais skābekļa patēriņš)	60 g O <sub>2</sub>
ĶSP (ķīmiskais skābekļa patēriņš)	110 g O <sub>2</sub>
SV (suspendētas vielas)	70 g
N (kopējais slāpeklis)	10 g
P (kopējais fosfors)	2 g

Asenizācijas notekūdeņu koncentrācijas ir norādītas 2.3. tabulā. Jaunajās attīrīšanas ietaisēs jāparedz iespēja pieņemt līdz 5 % asenizācijas notekūdeņu no kopējās notekūdeņu diennakts pieplūdes. Tomēr ir jāņem vērā, ka kopējās pieplūdes notekūdeņu parametru koncentrācijas nedrīkst pārsniegt MK noteikumu Nr. 34 tabulas Nr. 4 izvirzītās iekļūdes koncentrācijas. Pārsniedzot iekļūdes koncentrācijas robežas, var būtiski samazināties notekūdeņu bioloģiskā attīrīšanas efektivitāte.

**Asenizācijas notekūdeņu pieņemtais piesārņojuma sastāvs**

Parametrs	Koncentrācija (mg/l)
BSP <sub>5</sub> (bioķīmiskais skābekļa patēriņš)	4600
ĶSP (ķīmiskais skābekļa patēriņš)	14300
SV (suspendētas vielas)	5250
N (kopējais slāpeklis)	600
P (kopējais fosfors)	70

Ņemot vērā LBN 223-15 “Kanalizācijas būves”, jaunas notekūdeņu attīrīšanas iekārtas tiek projektētas, ja pilsētas kanalizācijas sistēma ir šķirtsistēma, t. i., kanalizācijas sistēma, kas paredzēta notekūdeņu un lietus ūdeņu novadīšanai pa diviem atsevišķiem cauruļvadiem. Tādējādi NAI tiek novērsts straujš piesārņojošo vielu koncentrācijas kritums lietusgāzes laikā, kā arī būs mazākas notekūdeņu attīrīšanas sistēmu hidrauliskās pārslodzes.

LBN 223-15 28. punktā ir teikts, ka lietus un sniega kušanas laikā ūdens neorganizēti iekļūst kanalizācijas ārējā inženiertīklā caur aku vāku spraugām un gruntsūdeņu infiltrācijas veidā. Tāpēc saskaņā ar LBN 223-15 kopējas caurplūdes aprēķinos ir jāiekļauj līdz 30 % no sadzīves notekūdeņu plūsmas kā infiltrācijas caurplūde, nodrošinot NAI stabilu darbību maksimālās plūsmas režīmā.



## 3. Hidrauliskās slodzes un piesārņojošo vielu aprēķins

### 3.1. Diennakts caurplūdes aprēķins

Sadzīves notekūdeņu vidējās plūsmas  $Q_{\text{vid.sadzīves}}$  aprēķinam izmanto pilsētas iedzīvotāju skaitu un LBN 222-15 1. tabulā norādīto 1 CE ūdens diennakts patēriņa vērtību.

Vidējo sadzīves notekūdeņu caurplūdi rēķina pēc 3.1.1. formulas:

$$Q_{\text{vid.sadzīves}} = n \cdot q, \quad (3.1.1.)$$

kur

$Q_{\text{vid.sadzīves}}$  – sadzīves notekūdeņu vidējā diennakts caurplūde,  $\text{m}^3/\text{dn}$ ;

$n$  – iedzīvotāju skaits pilsētā;

$q$  – 1 CE ūdens patēriņš no LBN 222-15.

Sadzīves notekūdeņu maksimālās un minimālās caurteces noteikšanai izmanto  $K_{n \max}$  un  $K_{n \min}$  koeficientus, kas norādīti LBN 223-15 1. tabulā. Šos koeficientus drīkst izmantot, ja industriālo notekūdeņu īpatsvars no kopējas caurteces nepārsniedz 0,45.

Sadzīves notekūdeņu maksimālās un minimālās plūsmas noteikšanu veic pēc 3.1.2. un 3.1.3. formulas:

$$Q_{\text{max sadzīves}} = Q_{\text{vid.sadzīves}} \cdot K_{n \max} \quad (3.1.2.)$$

$$Q_{\text{min sadzīves}} = Q_{\text{vid.sadzīves}} \cdot K_{n \min} \quad (3.1.3.)$$

kur

$Q_{\text{vid.sadzīves}}$  – sadzīves notekūdeņu vidējā diennakts caurplūde,  $\text{m}^3/\text{dn}$ ;

$Q_{\text{max sadzīves}}$  – sadzīves notekūdeņu maksimālā diennakts caurplūde,  $\text{m}^3/\text{dn}$ ;

$Q_{\text{min sadzīves}}$  – sadzīves notekūdeņu minimālā diennakts caurplūde,  $\text{m}^3/\text{dn}$ ;

$K_{n \max}$  un  $K_{n \min}$  – nevienmērības koeficienti, kas norādīti LBN 223-15 1. tabulā.

Industriālo notekūdeņu caurteces noteikšanai tiek ņemti vērā izejas dati ar I un II darba maiņas notekūdeņu tilpumu vērtībām. Diennakts industriālo notekūdeņu vidējā plūsma  $Q_{\text{vid.industr}}$  ir darba maiņu kopējā plūsma.

Asenizācijas notekūdeņu pieņemšanas tilpumam ir nepieciešams paredzēt līdz 5 % no vidējās sadzīves diennakts caurteces. Tomēr īpatsvars var būt mazāks, ja ielū-

des kopējo notekūdeņu piesārņojošo vielu koncentrācijas pārsniedz MK noteikumu Nr. 34 4. tabulā norādītās vērtības. Asenizācijas diennakts tilpums tiek aprēķināts pēc 3.1.4. formulas:

$$Q_{\text{asen}} = Q_{\text{vid.sadzīves}} \cdot n_{\text{asen}} \quad (3.1.4.)$$

kur

$Q_{\text{asen}}$  – asenizācijas diennakts tilpums,  $\text{m}^3/\text{dn}$ ;

$n_{\text{asen}}$  – asenizācijas notekūdeņu īpatsvars no vidējās sadzīves caurteces.

Infiltrācijas paredzētais tilpums tiek rēķināts, ņemot vērā LBN 223-15 28. punktu. Infiltrācijas notekūdeņu tilpuma noteikšanai izmanto 3.1.5. formulu:

$$Q_{\text{infiltr}} = Q_{\text{vid.sadzīves}} \cdot n_{\text{infiltr}} \quad (3.1.5.)$$

kur

$Q_{\text{infiltr}}$  – infiltrācijas diennakts tilpums,  $\text{m}^3/\text{dn}$ ;

$n_{\text{infiltr}}$  – infiltrācijas īpatsvars no sadzīves kanalizācijas tīkla caurteces (30 %).

Kopējā diennakts vidējā caurtece tiek rēķināta pēc 3.1.6. formulas:

$$Q_{\text{vid.kopējā}} = Q_{\text{vid.sadzīves}} + Q_{\text{industr}} + Q_{\text{asen}} + Q_{\text{infiltr}} \quad (3.1.6.)$$

kopējā diennakts maksimālā caurtece tiek rēķināta pēc 3.1.7. formulas:

$$Q_{\text{max.kopējā}} = Q_{\text{max.sadzīves}} + Q_{\text{industr}} \cdot K_{n\text{ind}} + Q_{\text{asen}} + Q_{\text{infiltr}} \quad (3.1.7.)$$

kur

$K_{n\text{ind}}$  – industriālo notekūdeņu nevienmērības koeficients (no izejas datiem).

Kopējā diennakts minimālā caurtece tiek rēķināta pēc 3.1.8. formulas:

$$Q_{\text{min.kopējā}} = Q_{\text{min.sadzīves}} + Q_{\text{industr}} + Q_{\text{asen}} \quad (3.1.8.)$$

Notekūdeņu attīrīšanas iekārtu aprēķiniem tiks ņemta vērā vidējā kopējā diennakts caurtece, iekārtu pārbaude tiks veikta ar kopējo maksimālo plūsmu.

## 3.2. Piesārņojošo vielu slodzes un koncentrācijas

Notekūdeņu piesārņojošo vielu slodžu un koncentrāciju noteikšana ir nepieciešama, lai varētu aprēķināt bioloģiskās attīrīšanas procesu, lieko dūņu masu un to apstrādi, nepieciešamo attīrīšanas efektivitāti, aerācijas enerģijas patēriņu, iekārtu izmērus.

Sadzīves notekūdeņu piesārņojošo vielu slodzes tiek aprēķinātas, ņemot vērā cilvēka ekvivalenta slodzes vērtību un iedzīvotāju skaitu pilsētā. Sadzīves notekūdeņu piesārņojošo vielu slodze tiek rēķināta pēc 3.2.1. formulas:

$$L_{\text{BSP sadzīves}} = \frac{l \cdot n}{1000 \text{ g/kg}}, \quad (3.2.1.)$$

kur

$L_{\text{BSP sadzīves}}$  – bioķīmiskā skābekļa patēriņa slodze no sadzīves notekūdeņiem, kg/dn;  
 $l$  – viena cilvēka ekvivalenta slodze (2.2. tabulā), g/dn.

Parametru  $\text{KSP}$ ,  $\text{SV}$ ,  $\text{N}$  un  $\text{P}$  slodzes tiek rēķinātas līdzīgi, mainot vienu (1 CE) attiecīgā parametra vērtību.

Sadzīves notekūdeņu piesārņojošo vielu koncentrācijas tiek noteiktas, izmantojot aprēķinātās slodzes un kopējo diennakts vidējo plūsmu. Aprēķins tiek veikts pēc 3.2.2. formulas:

$$C_{\text{BSP sadzīves}} = \frac{L_{\text{BSP sadzīves}}}{Q_{\text{vid.kopēja}}} \cdot 1000, \quad (3.2.2.)$$

kur

$C_{\text{BSP sadzīves}}$  – bioķīmiskā skābekļa patēriņa koncentrācija sadzīves notekūdeņos, mg/l.

Parametru  $\text{KSP}$ ,  $\text{SV}$ ,  $\text{N}$  un  $\text{P}$  koncentrācijas tiek rēķinātas līdzīgi, mainot  $L$  (BSP) attiecīga parametra  $\text{KSP}$ ,  $\text{SV}$ ,  $\text{N}$  vai  $\text{P}$  vērtību.

Industriālo notekūdeņu piesārņojošo vielu koncentrācijas ir dotas izejas materiālos. Nepieciešams veikt slodžu aprēķinus. Aprēķins veikts pēc 3.2.3. formulas:

$$L_{\text{BSP ind}} = \frac{C_{\text{BSP ind}} \cdot Q_{\text{vid.industr}}}{1000 \text{ g/kg}}, \quad (3.2.3.)$$

kur

$L_{\text{BSP ind}}$  – industriālo notekūdeņu bioķīmiskā skābekļa patēriņa slodze, kg/dn;  
 $C_{\text{BSP ind}}$  – bioķīmiskā skābekļa patēriņa koncentrācija industriālajos notekūdeņos, mg/l.

Asenizācijas notekūdeņu piesārņojošo vielu koncentrācijas ir dotas izejas materiālos. Nepieciešams veikt slodžu aprēķinu. Bioķīmiskā skābekļa patēriņa slodzes aprēķina piemērs pēc 3.2.4. formulas:

$$L_{\text{BSPasen}} = \frac{C_{\text{BSPasen}} \cdot Q_{\text{asen}}}{1000 \text{ g/kg}}, \quad (3.2.4.)$$

kur

$L_{\text{BSPasen}}$  – asenizācijas notekūdeņu bioķīmiskā skābekļa patēriņa slodze, kg/dn;

$C_{\text{BSPasen}}$  – bioķīmiskā skābekļa patēriņa koncentrācija asenizācijas notekūdeņos, mg/l.

Kopējās plūsmas notekūdeņu piesārņojošo vielu koncentrācijas ir nepieciešams noteikt, lai varētu secināt, vai ietilpdes notekūdeņi atbilst MK noteikumu Nr. 34 4. tabulā norādītajām vērtībām. Ja studiju projektā aprēķinātās vērtības pārsniedz MK noteikumu noteiktās robežas, ir nepieciešams veikt korekciju (iespējams – samazināt asenizācijas notekūdeņu īpatsvaru).

Kopējās slodzes  $L_{\text{parametrs kopēja}}$  vērtība ir slodžu summa no sadzīves, industriāliem un asenizācijas notekūdeņiem. Piemērs BSP kopējās slodzes aprēķinam ir 3.2.5. formula:

$$L_{\text{BSPkopējā}} = L_{\text{BSPsadzīves}} + L_{\text{BSPind}} + L_{\text{BSPasen}}, \quad (3.2.5.)$$

kur

$L_{\text{BSPkopējā}}$  – kopējās vidējās caurteces bioķīmiskā skābekļa patēriņa slodze, kg/dn.

Kopējā piesārņojošās vielas koncentrācija tiek aprēķināta pēc 3.2.6. formulas:

$$C_{\text{BSPkopējā}} = \frac{L_{\text{BSPkopējā}}}{Q_{\text{vid.sadzīves}}} \cdot 1000, \quad (3.2.6.)$$

kur

$C_{\text{BSPkopējā}}$  – bioķīmiskā skābekļa patēriņa koncentrācija kopējā plūsmā, mg/l.

## 4. Notekūdeņu mehāniskās attīrīšanas iekārtu aprēķins

### 4.1. Pieņemšanas kamera

Jaunās notekūdeņu attīrīšanas ietaisēs ir paredzēta sadzīves, priekšattīrītu industriālo un asenizācijas notekūdeņu attīrīšana. Lai varētu veikt piesārņojošo vielu koncentrāciju korekciju un pakāpeniski pievienot koncentrētus asenizācijas notekūdeņus, tiek aprēķināts pieņemšanas kameras tilpums kopējai plūsmai (šķirtsistēmas kanalizācijas tīklam) un pieņemšanas rezervuāra tilpums asenizācijas notekūdeņiem.

#### Plūsmas izlīdzināšana

Nozīmīgu daļu no kopējās plūsmas NAI veido industriālie vai asenizācijas notekūdeņi (būtiski ietekmē piesārņojošo vielu koncentrācijas), tāpēc ir jāuzstāda plūsmas izlīdzināšanas iekārta. Lai novērstu nogulšņu veidošanu, plūsmas izlīdzināšanas rezervuārā ir jāuzstāda notekūdeņu maisītājs.

Pieņemšanas kameras kopējās plūsmas aprēķiniem izmanto kopējo diennakts vidējo caurteci ( $m^3/s$ ) un pieņemto uzturēšanās laiku (piemēram, 300 s). Vispirms pēc 4.1.1. formulas tiek noteikts kameras tilpums  $V_{p.kam}$ :

$$V_{p.kam} = Q_{vid.kopējā} \cdot T, \quad (4.1.1.)$$

kur

$V_{p.kam}$  – pieņemšanas kameras tilpums,  $m^3$ ;

$T$  – uzturēšanās laiks, s.

Kameras augstums  $H$  (rekomendācija 1,5–2,5 m), kā arī platums  $B$  (rekomendācija 3–5 m) tiek pieņemts. Saskaņā ar 4.1.2. formulu var noteikt pieņemšanas kameras garumu  $A$ :

$$A = \frac{V_{p.kam}}{H \cdot B}, \quad (4.1.2.)$$

kur

$A$  – pieņemšanas kameras garums, m;

$B$  – pieņemšanas kameras platums, m;

$H$  – pieņemšanas kameras augstums, m.

Asenizācijas notekūdeņu uzkrāšanas rezervuāra tilpums  $V_{r.asen}$  tiek aprēķināts,

ņemot vērā asenizācijas notekūdeņu diennakts tilpumu un uzturēšanās laiku (piemēram, 0,25 diennakts), pēc 4.1.3. formulas:

$$V_{r.asen} = Q_{asen} \cdot T, \quad (4.1.3.)$$

kur

$V_{r.asen}$  – asenizācijas notekūdeņu uzkrāšanas rezervuāra tilpums, m<sup>3</sup>;

$T$  – asenizācijas notekūdeņu uzturēšanās laiks, dn.

Kameras augstums  $H$  (rekomendācija 1,5–2,5 m), kā arī platums  $B$  (rekomendācija 3–5 m) tiek pieņemts. Tad var noteikt pieņemšanas kameras garumu  $A$  saskaņā ar 4.1.4. formulu:

$$A = \frac{V_{r.asen}}{H \cdot B}, \quad (4.1.4.)$$

kur

$A$  – asenizācijas notekūdeņu uzkrāšanas rezervuāra garums, m;

$B$  – asenizācijas notekūdeņu uzkrāšanas rezervuāra platums, m;

$H$  – asenizācijas notekūdeņu uzkrāšanas rezervuāra augstums, m.

## 4.2. Redeles

### Rupjās redeles

Rupjās redeles parasti tiek izmantotas, lai aizturētu liela izmēra piesārņojumu, kas nonāk kopā ar notekūdeņiem no kanalizācijas tīkla. NAI ieplūdei ar tieši pievienotiem pašteses kanalizācijas tīkliem ir jāuzstāda stieņu redeles (rupjās redeles), lai aizsargātu smalkās redeles no lieliem atkritumiem.

Liela izmēra piesārņojums var bojāt NAI sistēmas vadus un sūkņu sistēmu, tāpēc ir svarīgi uzstādīt pareizi konstruētas rupjās redeles. 4.2.1. tabulā ir norādītas galvenās aprēķinu parametru vērtības. Horizontālās plūsmas ātrumu rupjām redelēm tiek rekomendēts ievērot robežās 0,7–1,0 m/s.

Veicot rupjo redelju aprēķinus, jāņem vērā tas, ka aprēķinu plūsma būs divreiz augstāka par diennakts maksimālo plūsmu. Tas tiek pieņemts tāpēc, ka atkritumi uzkrājas rupjajās redelēs un redelju darba laukums aizsērē. Redeles periodiski jāiztīra. Lai redeles varētu izmantot nepārtraukti, ir nepieciešama liela darba laukuma rezerve.

Redeļu dizaina parametri (*Crites, R., Tchobanoglous, G., 1998*).

Parametrs	Robežas	Tipiskas vērtības
Horizontālais ātrums	45–90 s	60 s
Sedimentācijas ātrums:	0,24–0,4 m/s	0,3 m/s
50 spraugu	2,8–3,1 m/min	2,9 m/min
100 spraugu	0,6–0,9 m/min	0,8 m/min
Hidrauliskie zudumi (% no kanāla dziļuma)	30–40 %	36 %
Ieplūdes un izplūdes garuma rezerve	25–50 %	30 %

Notekūdeņu caurplūdi  $Q_{\text{redeles}}$  aprēķina pēc 4.2.1. formulas:

$$Q_{\text{redeles}} = Q_{\text{max kopējā}} \cdot 2, \quad (4.2.1.)$$

kur

$Q_{\text{redeles}}$  – notekūdeņu caurplūde redelēm,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;

$Q_{\text{max kopējā}}$  – diennakts maksimālā plūsma,  $\text{m}^3/\text{s}$ .

Plūsmas ātrums  $v$  (robežās 0,7–1,0 m/s), redeles spraugu skaits  $n$  (robežās 50–100) tiek pieņemts,  $K$  ir konstante ( $K = 1,05$ ). Rekomendējamais spraugu platums  $a$  ir līdz 0,03 m, redeles stieņa platumam  $b$  ir jābūt vismaz 0,008 m, lai redeles izturētu maksimālo plūsmu. Notekūdeņu dziļums  $h$  tehnē tiek aprēķināts pēc 4.2.2. formulas. Redeles augstums  $H$  tiek pieņemts, bet nepieciešams ņemt vērā to, ka starpībai  $H - h$  ir jābūt pozitīvam skaitlim, t. i., jābūt rezervei.

$$h = \frac{Q_{\text{redeles}} \cdot K_1}{a \cdot n \cdot v}, \quad (4.2.2.)$$

kur

$h$  – notekūdeņu dziļums, m;

$Q_{\text{redeles}}$  – notekūdeņu aprēķinu caurplūde redelēm,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;

$K_1$  – piesārņojuma koeficients,  $K_1 = 1,05$ ;

$a$  – spraugu platums, m;

$n$  – spraugu skaits;

$v$  – plūsmas ātrums, m/s.

Pēc 4.2.3. formulas tiek aprēķināts redeles platums  $B$ .

$$B = b \cdot (n - 1) + a \cdot n, \quad (4.2.3.)$$

kur

$B$  – redeles platums, m;

$b$  – redeles stieņa platums, m.

## Smalkās redeles

Smalkās redeles tiek izmantotas, lai aizturētu smalkāku piesārņojumu (pārsvarā bioloģiski nedegradējamo), daļu no suspendētām vielām un BSP. Redeļu posms ir ļoti svarīgs, jo NAI sistēmā bez redelēm bieži tiktu piesārņota un tiktu bojāta sūkņu sistēma.

Smalko redeļu stieņu platums ir līdz 3 mm, spraugas – līdz 3–5 mm. Tas ļauj aizturēt sīkākas piesārņojuma daļiņas. Tomēr samazināto spraugu izmēru dēļ pieaug virsmas slodze  $q_{\text{slodze}}$ .

Notekūdeņu caurplūde  $Q_{\text{redeles}}$  smalkām redelēm ir tāda pati kā rupjām. Plūsmas ātrums  $v$  tāds pats kā rupjajās redelēs. Veicot smalko redeļu izmēru aprēķinus, vispirms ir jāizvēlas to skaits  $n$ . Nepieciešams ievērot smalko redeļu skaita minimumu, t. i., vismaz divas redeles (darba/rezerves režīmos). Lai samazinātu virsmas slodzi maksimālās plūsmas laikā, var uzstādīt vairāk. Redeles augstums  $H$  tiek pieņemts robežās 1,5–2,5 m.

Visu redeļu darba laukumu var noteikt pēc 4.2.4. formulas:

$$A = \frac{Q_{\text{redeles}} \cdot T}{H}, \quad (4.2.4.)$$

kur

$A$  – visu redeļu virsmas laukums, m<sup>2</sup>;

$H$  – redeles augstums;

$Q_{\text{redeles}}$  – notekūdeņu caurplūde redelēm, m<sup>3</sup>/s;

$T$  – aizturēšanas laiks (tiek pieņemts pēc 4.2.1. tabulas datiem), s.

Redeles platums  $B$  tiek noteikts pēc 4.2.5. formulas:

$$B = \frac{A}{H \cdot n}, \quad (4.2.5.)$$

kur

$B$  – redeles platums, m;

$A$  – redeļu darba laukums, m<sup>2</sup>;

$n$  – redeļu skaits.

Lai precizētu, vai uzstādītās redeles spēs izturēt maksimālās plūsmas režīmu, ir nepieciešams noteikt virsmas slodzi  $q_{\text{slodze}}$ . To aprēķina pēc 4.2.6. formulas:



$$q_{\text{slodze}} = \frac{Q_{\text{redeles}}}{A/n}, \quad (4.2.6.)$$

kur

$q_{\text{slodze}}$  – redeles virsmas slodze,  $\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ;

$Q_{\text{redeles}}$  – notekūdeņu caurplūde redelēm,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;

$A/n$  – vienas redeles virsmas laukums,  $\text{m}^2$ ;

$q_{\text{slodze}}$  arī tiek noteikta  $\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ , un tās robežas ir  $4 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ .

Šajā posmā jau var noteikt attīrīšanas efektivitāti pēc attīrīšanas ar redelēm. Labākai piesārņojošo vielu atdalīšanas efektivitātes novērtēšanai ir vērts izveidot tabulas ar piecu galveno parametru koncentrācijām  $\text{KSP}$ ,  $\text{BSP}$ ,  $\text{SV}$ ,  $\text{N}$ ,  $\text{P}$  pirms attīrīšanas, pēc redelēm, pēc  $\text{PNB}$ , izlaidē (pēc bioreaktora un otrējā nostādināšanas baseina ( $\text{ONB}$ )). Redeļu efektivitāte pēc  $\text{KSP}$  ir aptuveni 10 %, pēc  $\text{BSP}$  – 20–25 %, pēc suspendētām vielām – 25–30 %, pēc slāpekļa un fosfora – 2 %. Piesārņojošo vielu koncentrācija pēc redelēm tiek noteikta pēc 4.2.7. formulas:

$$C_{\text{redeles}} = C_{\text{ieplūdē}} \cdot \frac{(100-n)}{100}, \quad (4.2.7.)$$

kur

$C_{\text{redeles}}$  – piesārņojošās vielas koncentrācija pēc redelēm,  $\text{mg/l}$  (jeb  $\text{g}/\text{m}^3$ );

$C_{\text{ieplūdē}}$  – piesārņojošās vielas koncentrācija ieplūdē,  $\text{mg/l}$  (jeb  $\text{g}/\text{m}^3$ );

$n$  – attīrīšanas efektivitāte, %.

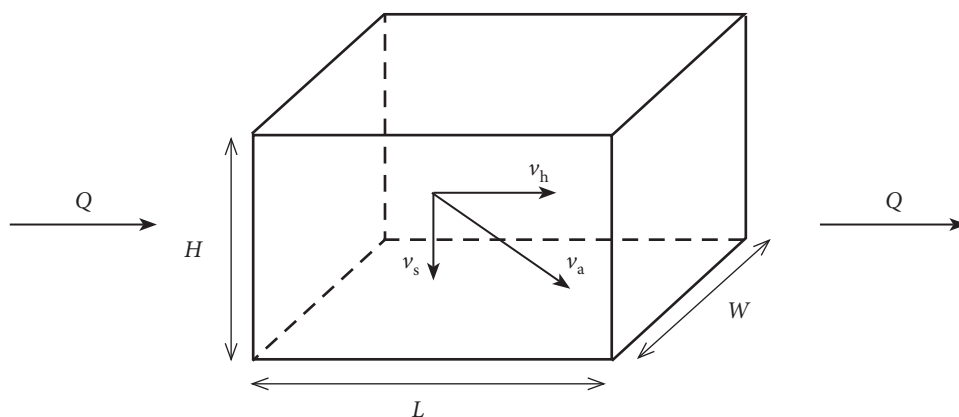
### 4.3. Smilšķērējs

Smilšķērējs ir svarīgs rezervuārs notekūdeņu attīrīšanas sistēmā, jo pēc redelēm notekūdeņos joprojām paliek daudz bionedegradējamo materiālu ar augstu blīvumu, kas var bojāt sūkņu sistēmu vai nogulsnēties  $\text{NAI}$  sistēmas cauruļvados un veidot aizsprostojumus. Augstā blīvuma dēļ smilts ātri izgulsnējas, tāpēc aizturēšanas laiks  $T$  smilšķērējā parasti ir īss (piemēram, 60 s). Smilts izgulsnēšanu labāk veikt atsevišķi no primārās nostādināšanas, jo izgulsnējamā smilts var būt labs būvniecības materiāls, ko varētu izmantot atkārtoti. Smilšķērējs, par kuru veic aprēķinus, ir ar skrēperi, kas novadīs izgulsnēto smilti no tvertnes, un smilšķērēja darbība netiks traucēta, tāpēc nav nepieciešama liela rezerve.

Aprēķināta notekūdeņu caurplūde ir diennakts maksimāla jeb  $Q_{\text{max kopēja}}$ ,  $\text{m}^3/\text{s}$ . Smilts daļiņu blīvums ir  $\rho_d = 2650 \text{ kg}/\text{m}^3$  (izejas dati), notekūdeņu blīvums  $\rho_{\bar{u}} = 1000 \text{ kg}/\text{m}^3$  (izejas dati). Daļiņu diametrs  $d$  ir svarīgs, jo ir nepieciešams sagaidīt smilts daļiņu izgulsnēšanos ar diametru virs 200 mikroni, tāpēc  $d = 0,0002 \text{ m}$ . Aprē-

ķīnos tiks izmantota dinamiskā notekūdeņu viskozitāte  $\mu = 0,001 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ , paātrinājums  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ . Horizontālās plūsmas ātrumu ( $v_h$ ) vēlams pieņemt ne lielāku par  $0,3 \text{ m/s}$ .

Smilšķērēja rezervuāra izmēri ir atkarīgi no daļiņu izgulsnēšanās ātruma  $v_s$  un horizontālās plūsmas ātruma  $v_h$ . Shematiski smilšķērēja parametru attiecības ir parādītas 4.3.1. attēlā.



4.3.1. attēls. Smilšķērēja parametru attiecības.

Daļiņu izgulsnēšanās ātrumu var noteikt pēc 4.3.1. formulas:

$$v_s = \frac{\rho_d - \rho_u}{18 \cdot \mu} \cdot g \cdot d^2, \quad (4.3.1.)$$

kur

$\rho_d$  – daļiņas blīvums,  $\text{kg/m}^3$ ;

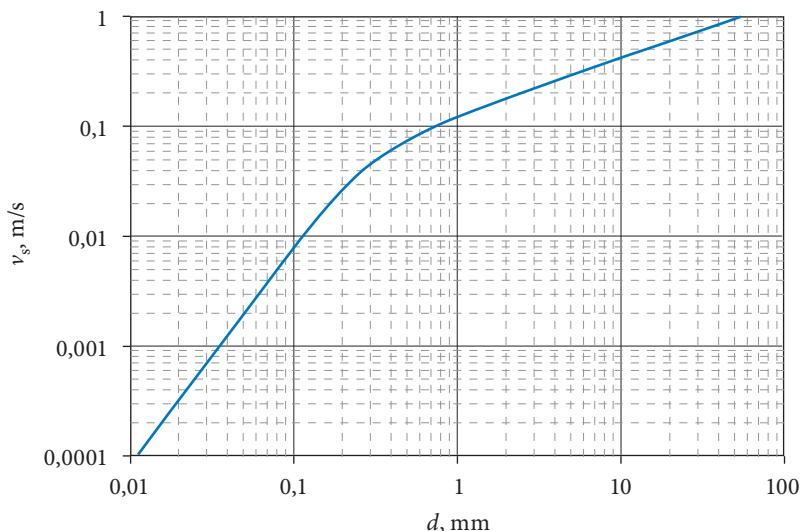
$\rho_u$  – notekūdeņu blīvums,  $\text{kg/m}^3$ ;

$\mu$  – dinamiskā notekūdeņu viskozitāte,  $\text{Pa}\cdot\text{s}$ ;

$g$  – paātrinājums,  $\text{m/s}^2$ ;

$d$  – daļiņu diametrs, m.

Daļiņu izgulsnēšanās ātruma vērtību var salīdzināt ar 4.3.2. attēlā redzamo grafiku – smilts izgulsnēšanās ātrumu ietekmē daļiņu izmērs.



4.3.2 attēls. Smilts izgulsnēšanās ātruma atkarība no daļiņu izmēra (*Soulsby, R., 1997*).

Ietekmējošie parametri ir  $v_s$  un  $v_h$ , rezultējošais ātrums  $v_a$ . To var noteikt pēc 4.3.2. formulas:

$$v_a = \sqrt{v_h^2 + v_s^2}, \quad (4.3.2.)$$

kur

$v_a$  – rezultējošais ātrums, m/s;

$v_h$  – horizontālās plūsmas ātrums, m/s;

$v_s$  – daļiņu izgulsnēšanās ātrums, m/s.

Teorētiskais rezervuāra augstums  $H_{\text{teor}}$  tiek pieņemts robežās 1,5–2,5 m. Teorētiskais smilšķērēja garums  $L_{\text{teor}}$  tiek noteikts pēc 4.3.3. formulas:

$$L_{\text{teor}} = v_a \cdot T, \quad (4.3.3.)$$

kur

$L_{\text{teor}}$  – teorētiskais smilšķērēja garums, m;

$v_a$  – rezultējošais ātrums, m/s;

$T$  – aizturēšanas laiks, s.

Aktīvais šķērsriezuma laukums  $A$  tiek noteikts pēc 4.3.4. formulas:

$$A = \frac{Q_{\text{maxkopēja}}}{v_a}, \quad (4.3.4.)$$

kur

$A$  – aktīvais šķērsriezuma laukums,  $m^2$ .

Smilšķērēja teorētiskais platums  $W_{\text{teor}}$  tiek noteikts, izmantojot aktīvo šķērsriezuma laukumu  $A$  un teorētisko augstumu  $H_{\text{teor}}$ , pēc 4.3.5. formulas:

$$W_{\text{teor}} = \frac{A}{H_{\text{teor}}}, \quad (4.3.5.)$$

kur

$W_{\text{teor}}$  – teorētiskais smilšķērēja platums,  $m$ .

Smilšķērēja apslāpēto perimetru  $P$  aprēķina pēc 4.3.6. formulas:

$$P = W_{\text{teor}} + H_{\text{teor}} \cdot 2, \quad (4.3.6.)$$

kur

$P$  – apslāpētais perimetrs,  $m$ .

Kad ir noteikts apslāpētais perimetrs  $P$ , tiek aprēķināts hidrauliskais rādiuss  $R^*$ , kas ir notekūdeņu plūsmas aktīva šķērsriezuma laukuma  $A$  attiecība pret šī laukuma perimetra daļu, ko veido cietās gultnes sienas (apslāpētais perimetrs). To aprēķina pēc 4.3.7. formulas:

$$R = \frac{A}{P}, \quad (4.3.7.)$$

kur

$R$  – hidrauliskais rādiuss,  $m$ .

Veicot aprēķinus hidrauliskā slīpuma noteikšanai, pieņemtais smilts daudzums no 1 CE  $q_s = 0,02 \text{ l/dn}$ .

Hidrauliskais slīpums  $S$  tiek noteikts, izmantojot rezultējošo ātrumu  $v_a$ , hidraulisko rādiusu  $R$  un smilts daudzumu no CE. Aprēķinu formula ir šāda:

$$S = \frac{v_a^2}{\left(\frac{1}{q_s \cdot N}\right)^2 \cdot R^{\frac{4}{3}}}, \quad (4.3.8.)$$

kur

$S$  – hidrauliskais slīpums,  $m$ ;

$v_a$  – rezultējošais ātrums,  $m$ ;

$q_s$  – smilts daudzums no 1 CE,  $m^3/\text{dn}$ ;

$N$  – iedzīvotāju skaits;

$R$  – hidrauliskais rādiuss,  $m$ .

$Q_s$  ir diennakts aizzurētās smilts daudzums no visiem iedzīvotājiem jeb  $Q_s = q_s \cdot n, \text{ m}^3/\text{dn}$ .

Smilšķērēja reālie izmēri ir teorētiskie izmēri ar apmēram 10 % rezervi, tāpēc reālos izmērus – garumu  $L$  un augstumu  $H$  – aprēķina, ņemot vērā rezervi. Platums  $W$  var būt vienāds ar teorētisko platumu.

## 4.4. Pirmējais nostādinātājs

Pirmējais nostādināšanas baseins (PNB) ir svarīgs posms suspendēto vielu izdalīšanā. Pareizi ekspluatējot šo iekārtu, var atdalīt līdz 70 % suspendētu vielu un līdz 45 % BSP. Suspendētās vielas ir substrāts aktīvām dūņām bioreaktorā un, ja suspendēto vielu koncentrācija pēc PNB ir augsta (virs 150 mg/l), tiks novērots ļoti augsts aktīvo dūņu pieaugums, kas radīs papildu izmaksas par lieko dūņu novadīšanu un apstrādi.

Pirmējie nostādinātāji ir jāaprīko ar nogulšņu savākšanas sistēmu, putu un uzpeldošo vielu savākšanas ierīcēm. Nogulšņu savākšanai ir jāierīko skrēpera bloks, un nostādinātāja grīdas slīpumam ir jābūt vismaz 7° leņķī pret centru.

Lai vienas līnijas bojājumu gadījumā varētu nodrošināt nepārtrauktu notekūdeņu attīrīšanas procesu, vēlams, lai būtu vismaz divi pirmējie nostādinātāji – darba un rezerves režīmā.

Aprēķinu caurplūde ir diennakts vidējā kopējā caurplūde  $Q_{\text{vid.kopējā}}$ , teorētisko rezervuāru pārbaudes nolūkā tiks izmantota diennakts maksimālā kopējā caurplūde  $Q_{\text{max.kopējā}}$ . PNB virsmas slodzei  $q_{\text{PNB}}$  jābūt robežās 1,5–2,5  $\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ . Optimālais rezervuāru dziļums ir 1,5–2,5 m, hidrauliskās aizzurēšanas laikam ir jābūt vismaz vienai stundai.

PNB rezervuāru darba platību  $A_{\text{kop}}$  var noteikt, izmantojot vidējo diennakts caurplūdi un virsmas slodzi, pēc 4.4.1. formulas:

$$A_{\text{kop}} = \frac{Q_{\text{vid.kopējā}}}{q_{\text{PNB}} \cdot 24}, \quad (4.4.1.)$$

kur

$A_{\text{kop}}$  – PNB darba platība,  $\text{m}^2$ ;

$Q_{\text{vid.kopējā}}$  – diennakts vidējā kopējā caurplūde,  $\text{m}^3/\text{dn}$ ;

$q_{\text{PNB}}$  – virsmas slodze,  $\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ .

Viena PNB rezervuāra darba laukumu  $A_{1\text{PNB}}$  var noteikt pēc 4.4.2. formulas:

$$A_{1\text{PNB}} = \frac{A_{\text{kop}}}{n}, \quad (4.4.2.)$$

kur

$A_{kop}$  – PNB darba platība, m<sup>2</sup>;

$A_{1PNB}$  – viena PNB darba platība, m<sup>2</sup>;

$n$  – PNB rezervuāru skaits.

Viena PNB rezervuāra diametrs tiek noteikts, iepriekš aprēķinot viena baseina darba laukumu, pēc 4.4.3. formulas:

$$d_{1PNB} = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{1PNB}}{\pi}}, \quad (4.4.3.)$$

kur

$d_{1PNB}$  – viena rezervuāra diametrs, m.

PNB rezervuāra reālais diametrs  $D$  ir aprēķinu diametrs  $d_{1PNB}$  ar apmēram 10 % rezervi, tātad tiek noteikts reālais  $D$  ar rezervi.

Nepieciešams noteikt hidrauliskās aizturēšanas laiku  $HRT$ . Pēc rekomendācijas tam vajadzētu būt vismaz vienai stundai pat maksimālās plūsmas režīmā.  $HRT$  tiek aprēķināts šādi:

$$HRT = \frac{n \cdot \pi \cdot D^2}{4} \cdot \frac{H}{\frac{Q_{vid.kopēja}}{24}}, \quad (4.4.4.)$$

kur

$HRT$  – hidrauliskās aizturēšanas laiks, h;

$n$  – PNB skaits;

$D$  – reālais PNB rezervuāra diametrs, m;

$H$  – PNB rezervuāra augstums (tiek pieņemts robežās 1,5–2,5 m), m;

$Q_{vid.kopēja}$  – diennakts vidējā kopējā caurplūde, m<sup>3</sup>/dn.

Notekūdeņu novadišanas slodze  $WOR_{PNB}$  no pirmējā nostādinātāja ir atkarīga no plūsmas un rezervuāra diametra, to var noteikt šādi:

$$WOR_{PNB} = \frac{Q_{vid.kopēja}}{n \cdot \pi \cdot D^2}, \quad (4.4.5.)$$

kur

$WOR_{PNB}$  – novadišanas slodze uz tekni, m<sup>3</sup>/(m·h);

$n$  – PNB skaits;

$D$  – reālais PNB rezervuāra diametrs, m;

$Q_{vid.kopēja}$  – diennakts vidējā kopējā caurplūde, m<sup>3</sup>/dn.

Esošos PNB rezervuārus ir nepieciešams pārbaudīt ar maksimālu plūsmu, t. i., noteikt  $HRT$ , novadišanas slodzi uz tekni  $Q_{WOR\ max}$  un virsmas slodzi  $Q_{SOR\ max}$  pie  $Q_{max\ kopēja} \cdot HRT$  pie maksimālās plūsmas tiek noteikts pēc 4.4.6. formulas:

$$HRT_{max} = \frac{n \cdot \pi \cdot D^2}{4} \cdot \frac{H}{Q_{max\ kopēja}}, \quad (4.4.6.)$$

kur

$HRT_{max}$  – hidrauliskās aizturēšanas laiks pie maksimālās plūsmas, st;

$Q_{max\ kopēja}$  – diennakts maksimālā kopējā caurplūde,  $m^3/dn$ .

Virsmas slodze  $Q_{SOR\ max}$  pie maksimālās plūsmas (vēlams noteikt arī pie  $Q_{vid.kopēja}$ ) tiek noteikta pēc 4.4.7. formulas:

$$Q_{SOR\ max} = \frac{Q_{max\ kopēja}}{\frac{24}{n \cdot \pi \cdot D^2}}, \quad (4.4.7.)$$

kur

$Q_{SOR\ max}$  – virsmas slodze pie maksimālās plūsmas,  $m^3/(m^2 \cdot h)$ ;

$Q_{SOR}$  robežvērtības 1,5–2,5  $m^3/(m^2 \cdot h)$ .

Notekūdeņu novadišanas slodze uz tekni  $Q_{WOR\ max}$  no pirmējā nostādinātāja pie maksimālās plūsmas tiek noteikta šādi:

$$Q_{WOR\ max} = \frac{Q_{max\ kopēja}}{24}, \quad (4.4.8.)$$

kur

$Q_{WOR\ max}$  – novadišanas slodze uz tekni,  $m^3/(m \cdot h)$ ;

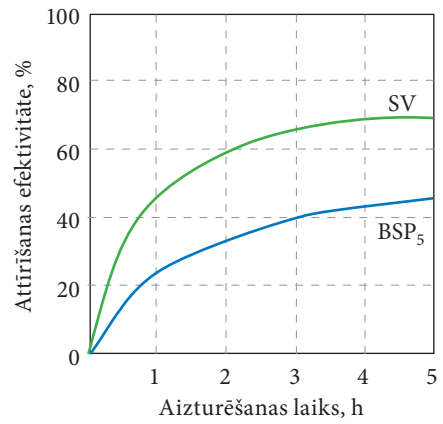
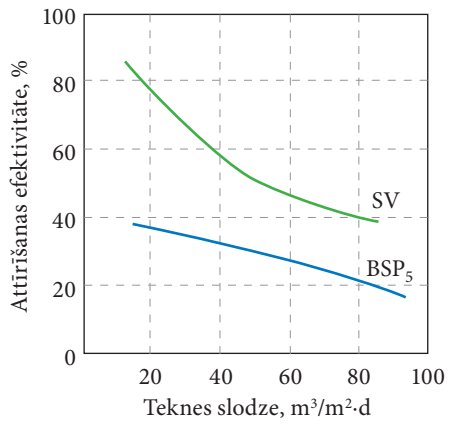
$Q_{max\ kopēja}$  – diennakts maksimālā kopējā caurplūde,  $m^3/dn$ .

PNB attīrīšanas efektivitāte pēc KĶSP ir aptuveni 30 %, pēc slāpekļa un fosfora – 5 %. Attīrīšanas efektivitāte pēc BSP un suspendētām vielām tiek noteikta atkarībā no  $HRT$ . 4.4.1. attēlā redzama attīrīšanas efektivitātes atkarība no hidrauliskas aizturēšanas laika.

Jaunas piesārņojošo vielu koncentrācijas  $C_{PNB}$  pēc PNB tiek aprēķinātas līdzīgi 4.2.7 formulai, tikai  $C_{ieplūdē}$  vietā ir jāņem iegūtā koncentrācija  $C_{redeles}$ .

## Notekūdeņu novadišana

Metodiskie norādījumi studiju projekta izstrādei



4.4.1 attēls. BSP un suspendēto vielu attīrīšanas efektivitātes atkarība no hidrauliskās aizturēšanas laika (Park, J. K., 2016).



## 5. Notekūdeņu bioloģiskās attīrīšanas iekārtu aprēķins

### 5.1. Bioreaktors

Bioreaktors ir viens no galvenajiem posmiem notekūdeņu attīrīšanas stacijā. Šajā rezervuārā tiek bioloģiski degradētas piesārņojošās vielas un sasniegta visaugstākā attīrīšanas pakāpe NAI. Bioloģisko attīrīšanas tehnoloģiju ir ļoti daudz, bet visizplatītākā ir *alven* aktīvo dūņu tehnoloģija. Tā spēj sasniegt līdz 95 % attīrīšanas efektivitāti, ir ekonomiski izdevīga un derīga liela vai vidēja izmēra stacijām. Tomēr jāņem vērā, ka tehnoloģijas būtība ir dzīvo organismu metabolisms, tāpēc ir svarīgi attiecīgā līmenī uzturēt ekspluatācijas apstākļus, lai aktīvās dūņas netiktu inhibētas. Galvenie ietekmējošie parametri ir skābekļa koncentrācija, organisko vielu slodzes un to fluktuācijas, temperatūra, pH, hidrauliskā slodze, toksisko vielu klātbūtne. Studiju projektā tiek aprēķināti galvenā bioreaktora parametri un caurplūdes.

5.1.1. un 5.1.2. tabula var palīdzēt pieņemt dažus parametrus un pārbaudīt, vai tālāk aprēķinātās vērtības der konkrētai sistēmai. Studiju projektā aprēķini veikti "Complete Mix" tipa bioreaktoram (5.1.1. tabula) ar "conventional" procesu (5.1.2. tabula).

5.1.1. tabula

**Aktīvo dūņu ekspluatācijas parametri (Metcalf & Eddy Inc, 2003).**

Aktīvo dūņu process	SRT, dienas	MLSS, g/m <sup>3</sup>	F/M attiecība ((kg BSP/dn)/(kg MLVSS))	Q <sub>r</sub> /Q <sub>0</sub> , %
Klasiskās aktīvās dūņas	3–15	1000–3000	0,2–0,4	25–75
Pilnīga samaisīšanās	3–15	1500–4000	0,2–0,6	25–100
Pagarināta aerācija	20–40	2000–5000	0,04–0,1	50–150

5.1.2. tabula

**Slodzes un recirkulācijas parametri aktīvo dūņu sistēmai (Bengtson, H., 2011).**

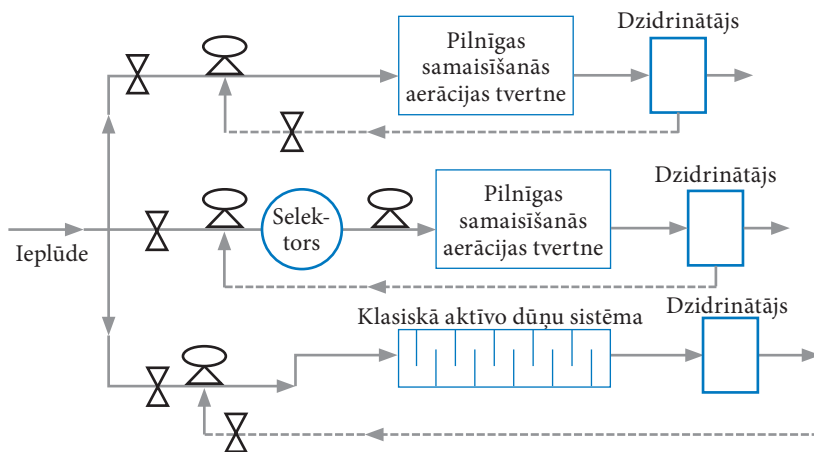
Aktīvo dūņu process	Dūņu slodze, (kg BSP/dn)/m <sup>3</sup>	F/M attiecība, ((kg BSP/dn)/(kg MLVSS))	HRT, stundas
Klasiskās aktīvās dūņas	0,3–0,7	0,2–0,4	4–8
Pilnīga samaisīšanās	0,3–1,6	0,2–0,6	3–5
Pagarināta aerācija	0,1–0,3	0,04–0,1	20–30

Vairāki dūņu parametri, tādi kā dūņu vecums *SRT*, dūņu izmiršanas ātruma koeficients *K<sub>d</sub>*, sadalīšanās pusātrums pēc BSP un pēc *ĶSP* (*K<sub>s</sub>BSP* un *K<sub>s</sub>ĶSP*), dūņu pieauguma koeficients pēc *ĶSP* (*Y*), tiek norādīti izejas datos.

Daži parametri tiek pieņemti:

- dūņu koncentrācija  $X$  – projektētā aktīvo dūņu koncentrācija ir 3000 mg/l;
- organiskais piesārņojums  $BSP_5$  attiecībā pret dūņu masu  $MLSS$ , t. i.,  $F/M$  attiecība nedrīkst būt augstāka par 0,3;
- $BSP$  koncentrācija izlaidē  $S$  – pēc MK noteikumiem Nr. 34 jābūt  $S = 25$  mg/l;
- organisko vielu daļa  $X_{org}$  – projektētā organiskā daļa ir 0,75 (bezpelnu satura daļa jeb  $VSS/SS$ );
- recirkulējamās plūsmas daļa  $Q_r$ , % – 5.1.1. tabulas dati no 25–75 %;
- mitruma saturs dūņās  $P$  – parasti pirms atūdeņošanas dūņu mitruma saturs ir 0,995;
- hidrauliskās aizturēšanas laiks  $HRT$  – vēlams pēc 5.1.2. tabulas robežās 3–5 stundas;
- bioreaktoru skaits  $n$  – vismaz divas līnijas;
- bioreaktora augstums  $H$  – 2–3 metri.

5.1.3. attēlā redzamas dažas maisīšanas iespējas un studiju projektā izmantojamais “complete mix”.



5.1.3. attēls. Bioreaktoru maisīšanas veidi (Azimi, A. A., Zamanzadeh, M., 2006).

Bioreaktora parametru aprēķina sākumā tiek noteikts nepieciešamais visu bioreaktoru rezervuāru tilpums  $V$ , tas tiek izdarīts pēc šādas formulas:

$$V = \frac{SRT \cdot Q_{vid.kopējā} \cdot Y \cdot (S_0 - S)}{X \cdot (1 + K_d \cdot SRT)}, \quad (5.1.1.)$$

kur

$V$  – nepieciešamais bioreaktoru tilpums,  $m^3$ ;  
 $SRT$  – dūņu vecums, dn;  
 $Q_{\text{vid.kopējā}}$  – diennakts vidējā kopējā caurplūde,  $m^3/\text{dn}$ ;  
 $Y$  – dūņu pieauguma koeficients,  $VSSg/KSPg$ ;  
 $S_0$  – BSP koncentrācija pēc mehāniskās attīrīšanas,  $g/m^3$ ;  
 $S$  – BSP koncentrācija izlaidē,  $g/m^3$ ;  
 $X$  – dūņu koncentrācija,  $g/m^3$ ;  
 $K_d$  – dūņu izmiršanas koeficients,  $\text{dn}^{-1}$ .

Tiek pieņemts bioreaktora augstums  $H$  un skaits  $n$ . Tad pēc 5.1.2. formulas tiek aprēķināts viena bioreaktora darba laukums  $F$ :

$$F = \frac{V}{H \cdot n}, \quad (5.1.2.)$$

kur

$F$  – viena bioreaktora darba laukums,  $m^2$ ;  
 $V$  – nepieciešamais bioreaktoru tilpums,  $m^3$ ;  
 $H$  – bioreaktora augstums, m;  
 $n$  – bioreaktoru skaits.

Aprēķinot bioreaktora darba laukumu  $F$ , var noteikt bioreaktora diametru pēc 5.1.3. formulas:

$$D = \sqrt{\frac{F \cdot 4}{\pi}}, \quad (5.1.3.)$$

kur

$D$  – bioreaktora diametrs, m;  
 $F$  – viena bioreaktora darba laukums,  $m^2$ .

Reālais diametrs  $D_0$  tiek pieņemts ar 15 % rezervi, tātad  $D_0 = D \cdot 1,15$ .

Ņemot vērā reālo diametru, pēc formulas 5.1.4. tiek noteikts reālais viena bioreaktora darba laukums  $F_0$ , pēc 5.1.5. formulas – visu bioreaktoru reāls tilpums  $V_0$ :

$$F_0 = \frac{\pi \cdot D_0^2}{4}, \quad (5.1.4.)$$

kur

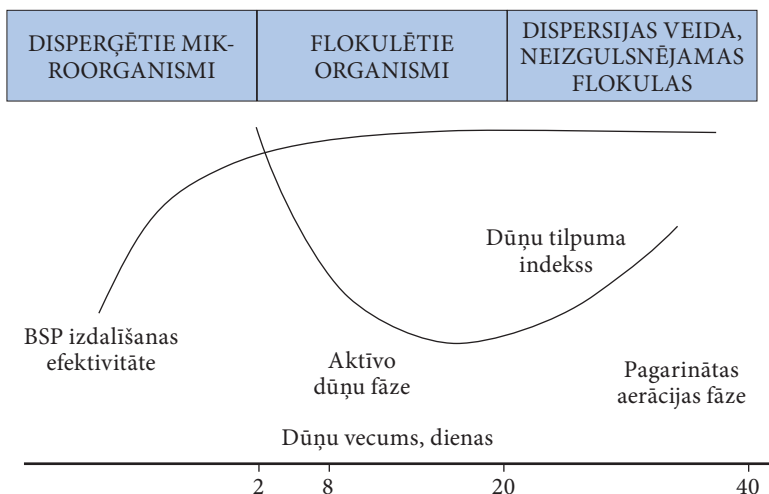
$D_0$  – bioreaktora reālais diametrs, m;  
 $F_0$  – viena bioreaktora reālais darba laukums,  $m^2$ .

$$V_0 = F_0 \cdot H \cdot n, \quad (5.1.5.)$$

kur

- $V_0$  – visu bioreaktoru reālais tilpums,  $m^3$ ;
- $F_0$  – viena bioreaktora reālais darba laukums,  $m^2$ ;
- $H$  – bioreaktora augstums,  $m$ ;
- $n$  – bioreaktoru skaits.

Dūņu vecumam ( $SRT$ ) ir ļoti svarīga loma notekūdeņu attīrīšanas procesā.  $SRT$  ietekmē nitrifikāciju, organisko vielu noārdīšanās procesu, dūņu sedimentācijas spēju, par ko norāda  $SVI$  indekss. 5.1.4. attēlā redzama sakarība starp dūņu vecumu un dūņu nostādināšanas rādītāju –  $SVI$ . Tieši tāpēc studiju projektā tiek pieņemts  $SRT = 15$  dienas, kas atbilst labvēlīgiem apstākļiem.



5.1.4. attēls. Dūņu tilpuma indeksa ( $SVI$ ) atkarība no dūņu vecuma ( $SRT$ ) (*State of Maine, 2009*).

Fosfora izdališanai ir nepieciešama dūņu daļas recirkulācija, jo aerobos apstākļos fosfors tiek uzkrāts ar  $PAO$  (no angl. *phosphate accumulating organisms*) baktērijām, savukārt anaerobos apstākļos – tiek patērēts. Tātad recirkulācijai aktīvo dūņu tehnoloģijā ir būtiska loma. Tomēr recirkulēta tiek tikai daļa no kopējām dūņām. Aerobām dūņām ir augsts biomasas pieauguma ātrums, tāpēc arī daļa no dūņu plūsmas tiek savlaicīgi novadīta un apstrādāta. Ir ļoti svarīgi uzturēt noteiktu dūņu koncentrāciju  $X$ , dūņu vecumu ( $SRT$ ), dūņu slodzi ( $F/M$  attiecība), hidrauliskās aizturēšanas laiku ( $HRT$ ), lai bioloģiskā attīrīšana sasniegtu augstāku efektivitāti.

Šim nolūkam tiek noteikta recirkulēto dūņu plūsma  $Q_r$ , lieko dūņu plūsma  $Q_w$ , kā arī to koncentrācija ( $X_r = X_w$ ), dūņu pieaugums  $P_x$ , dūņu pieauguma ātrums  $U$ , hidrauliskās aizturēšanas laiks ( $HRT$ ), dūņu slodze ( $F/M$  attiecība).

Recirkulēto dūņu plūsma  $Q_r$  ir atkarīga no recirkulējamās plūsmas daļas  $q_r$ . 5.1.2. tabulā redzami 25–75 %, bet ir vēlams izvēlēties vismaz 40 %, lai fosfora izdalīšana būtu efektīva un tā koncentrācija izlaidē būtu zemāka par MK noteikumos Nr. 34 noteiktajām. Recirkulēto dūņu plūsma tiek aprēķināta pēc 5.1.6. formulas:

$$Q_r = q_r \cdot Q_{\text{vid.kopējā}} \quad (5.1.6.)$$

kur

$Q_r$  – recirkulēto dūņu caurplūde, m<sup>3</sup>/dn;

$q_r$  – recirkulējamās plūsmas daļa;

$Q_{\text{vid.kopējā}}$  – diennakts vidējā kopējā plūsma, m<sup>3</sup>/dn.

Lai noteiktu lieko dūņu caurplūdi, ir nepieciešams noteikt dūņu pieaugumu koeficientu  $Y_{\text{obs}}$  pēc 5.1.7. formulas un dūņu pieaugumu diennaktī  $P_x$  pēc 5.1.8. formulas:

$$Y_{\text{obs}} = \frac{Y}{1 + K_d \cdot SRT}, \quad (5.1.7.)$$

kur

$Y_{\text{obs}}$  – dūņu pieauguma koeficients, VSSg/BSPg;

$Y$  – dūņu pieauguma koeficients, VSSg/ĶSPg;

$K_d$  – dūņu izmiršanas koeficients, dn<sup>-1</sup>;

$SRT$  – dūņu vecums, dn.

$$P_x = \frac{Y_{\text{obs}} \cdot Q_{\text{vid.kopējā}} \cdot (S_0 - S)}{1000 \text{ g / kg}}, \quad (5.1.8.)$$

kur

$P_x$  – dūņu pieaugums, kg/dn;

$Y_{\text{obs}}$  – dūņu pieauguma koeficients, VSSg/BSPg;

$Q_{\text{vid.kopējā}}$  – diennakts vidējā kopējā plūsma, m<sup>3</sup>/dn;

$S_0$  – BSP koncentrācija pēc mehāniskās attīrīšanas, g/m<sup>3</sup>;

$S$  – BSP koncentrācija izlaidē, g/m<sup>3</sup>.

Lieko dūņu plūsma tiek aprēķināta pēc 5.1.9. formulas:

$$Q_w = \frac{V_0 \cdot X}{SRT \cdot X_r}, \quad (5.1.9.)$$

kur

$Q_w$  – lieko dūņu caurplūde, m<sup>3</sup>/dn;

$V_0$  – visu bioreaktoru reālais tilpums, m<sup>3</sup>;

$SRT$  – dūņu vecums, dn;

$X$  – dūņu koncentrācija, g/m<sup>3</sup>.

Lieko (un recirkulācijas) dūņu koncentrācija  $X_r$  tiek noteikta, ņemot vērā balansu starp bioreaktoru un otrējo nostādinātāju, pēc 5.1.10. formulas:

$$\frac{Q_{\text{vid.kopējā}} + Q_r}{X} = \frac{Q_w + Q_r}{X_r} \quad (5.1.10.)$$

Ņemot vērā 5.1.9. formulu, pārveidojam 5.1.10. formulu tā, lai noskaidrotu  $X_r$ :

$$X_r = X \cdot \frac{Q_{\text{vid.kopējā}} - \frac{V_0}{SRT}}{Q_r} + X, \quad (5.1.11.)$$

kur

$X_r$  – lieko dūņu koncentrācija, g/m<sup>3</sup>;

$Q_{\text{vid.kopējā}}$  – diennakts kopējā vidējā caurplūde, m<sup>3</sup>/dn;

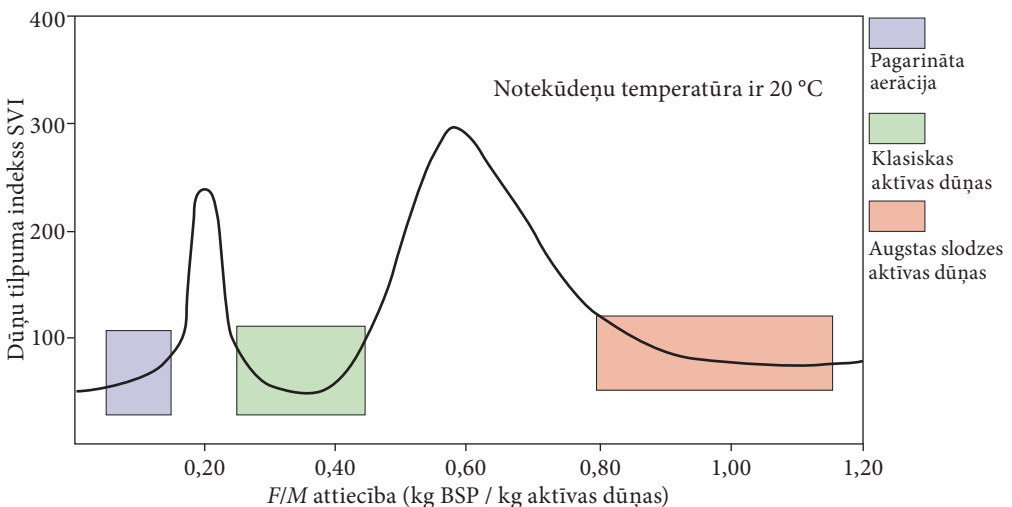
$V_0$  – visu bioreaktoru reālais tilpums, m<sup>3</sup>;

$SRT$  – dūņu vecums, dn;

$X$  – dūņu koncentrācija, g/m<sup>3</sup>;

$Q_r$  – recirkulācijas plūsma, m<sup>3</sup>/dn.

Organisko vielu slodze uz dūņām jeb  $F/M$  attiecība ir ļoti svarīgs parametrs bioreaktora aprēķinos. Ja  $F/M$  attiecība ir pārāk zema, iestājas dūņu izsalkums, dūņu briešana, dūņu izmiršana. Ja  $F/M$  attiecība ir pārāk augsta, dūņas tiek izskalotas, tiek novērota dūņu putošana, dūņu vecuma pazemināšanās un nitrifikācijas inhibīcija (slāpekļa izdalīšanās procesa inhibīcija). 5.1.5. attēlā ir redzama atkarība starp  $F/M$  attiecību un  $SVI$  indeksu ( $SVI$  – dūņu tilpuma indekss un dūņu nostādināšanas rādītājs), attēla zemākie liknes punkti norāda uz labākiem apstākļiem dūņu procesam, kad dūņu slodze ir optimāla un sedimentācijas process ātrs.



5.1.5. attēls.  $SVI$  indeksa atkarība no  $F/M$  attiecības (State of Maine, 2009).

Studiju projektā aprēķinu  $F/M$  attiecībai jābūt ne augstākai par 0,3.  $F/M$  attiecība tiek aprēķināta šādi:

$$\frac{F}{M} \text{ attiecība} = \frac{S_0 \cdot Q_{\text{vid.kopējā}}}{X_{\text{org}} \cdot X \cdot V_0}, \quad (5.1.12.)$$

kur

$F/M$  attiecība – dūņu organiskā slodze;

$S_0$  – BSP koncentrācija pēc mehāniskās attīrīšanas,  $\text{g}/\text{m}^3$ ;

$Q_{\text{vid.kopējā}}$  – diennakts vidējā kopējā caurplūde,  $\text{m}^3/\text{dn}$ ;

$X_{\text{org}}$  – organisko vielu saturs;

$X$  – dūņu koncentrācija,  $\text{g}/\text{m}^3$ ;

$V_0$  – visu bioreaktoru reālais tilpums,  $\text{m}^3$ .

Hidrauliskās aizturēšanas laikam ( $HRT$ ) ir jābūt pietiekami ilgam, lai nodrošinātu pilnvērtīgu piesārņojošo vielu bioloģisku degradēšanos. Vēlamais  $HRT$  ir 3–5 stundas.  $HRT$  tiek noteikts ar 5.1.13. formulu:

$$HRT = \frac{V_0 \cdot 24 \text{ h}}{Q_{\text{vid.kopējā}}}, \quad (5.1.13.)$$

kur

$HRT$  – hidrauliskās aizturēšanas laiks, h;

$V_0$  – visu bioreaktoru reālais tilpums,  $\text{m}^3$ ;

$Q_{\text{vid.kopējā}}$  – diennakts vidējā kopējā caurplūde,  $\text{m}^3/\text{dn}$ .

Kad noteikts hidrauliskās aizturēšanas laiks ( $HRT$ ), pēc 5.1.14. formulas var noteikt arī no tā atkarīgo substrāta utilizācijas ātrumu  $U$ :

$$U = \frac{S_0 - S}{HRT \cdot X}, \quad (5.1.14.)$$

kur

$U$  – substrāta utilizācijas ātrums,  $\text{dn}$ ;

$S_0$  – BSP koncentrācija pēc mehāniskās attīrīšanas,  $\text{g}/\text{m}^3$ ;

$S$  – BSP koncentrācija izlaidē,  $\text{g}/\text{m}^3$ ;

$HRT$  – hidrauliskās aizturēšanas laiks,  $\text{dn}$ ;

$X$  – dūņu koncentrācija,  $\text{g}/\text{m}^3$ .

Pēc visiem teorētiskajiem aprēķiniem var noteikt faktisko BSP koncentrāciju izplūdē  $S_e$ , ja visi attīrīšanas procesi notiek ideāli. Faktisko BSP koncentrāciju izplūdē  $S_e$  var aprēķināt pēc 5.1.15. formulas:

$$S_e = \frac{k_s \cdot (1 + SRT \cdot K_d)}{SRT \cdot (Y \cdot X - K_d) - 1}, \quad (5.1.15.)$$

kur

$S_e$  – faktiskā BSP koncentrācija izplūdē, g/m<sup>3</sup>;

$K_s$  – pusātruma konstante pēc BSP, g/m<sup>3</sup>;

$K_d$  – dūņu izmiršanas koeficients, dn<sup>-1</sup>;

$SRT$  – dūņu vecums, dn;

$Y$  – dūņu pieauguma koeficients, VSSg/KSPg;

$X$  – dūņu koncentrācija, g/m<sup>3</sup>.

Nepieciešamo skābekļa O<sub>2</sub> patēriņu aerācijas procesam var noteikt pēc BSP vai piesārņojošo vielu biodegradēšanas. Skābekļa patēriņu pēc BSP aprēķina, izmantojot 5.1.16. formulu:

$$O_{2\text{BSP}} = \frac{Q_{\text{vid.kopējā}} \cdot (S_0 - S)}{1000} - 1,42 \cdot P_x, \quad (5.1.16.)$$

kur

$O_{2\text{BSP}}$  – skābekļa patēriņš pēc BSP, kg/dn;

$S_0$  – BSP koncentrācija pēc mehāniskās attīrīšanas, g/m<sup>3</sup>;

$S$  – BSP koncentrācija izplūdē, g/m<sup>3</sup>;

$Q_{\text{vid.kopējā}}$  – diennakts vidējā kopējā caurplūde, m<sup>3</sup>/dn;

$P_x$  – dūņu pieaugums, kg/dn.

Skābekļa patēriņš pēc BSP ( $O_{2\text{BSP}}$ ) tiek noteikts arī uz 1 m<sup>3</sup> notekūdeņu pēc 5.1.17. formulas:

$$Q_{O_2\text{BPS}} = \frac{Q_{O_2\text{BPS}} \cdot 1000}{Q_{\text{vid.kopējā}}}, \quad (5.1.17.)$$

kur

$Q_{O_2\text{BPS}}$  – skābekļa patēriņš pēc BSP, g/m<sup>3</sup>;

$Q_{\text{vid.kopējā}}$  – diennakts vidējā kopējā caurplūde, m<sup>3</sup>/dn.

## 5.2. Otrējais nostādinātājs

Otrējais nostādinātājs notekūdeņu attīrīšanas sistēmā tiek uzstādīts, lai izgulsnētos aktīvās dūņas un no NAI tiktu novadīts attīrītais ūdens. Izgulsnētās dūņas tiek recirkulētas atpakaļ uz bioreaktoru vai novadītas kā liekās dūņas apstrādei un izmantošanai lauksaimniecībā. Otrējiem nostādinātājiem ir jābūt aprīkoti ar dūņu savākšanas ierīci lieko un recirkulējamo dūņu savākšanai un novadīšanai uz dūņu sūkņu staciju. Dūņu tilpuma indeksam SVI (nostādināšanas spējas rādītājs) jābūt līdz 120 ml/g. Ja nostādinātājs ir horizontāls, minimālā garuma attiecība pret platumu ir 5:1. Ja nostādinātājs ir radiāls, rezervuāra grīdas slīpums ir vismaz 7° leņķī pret centru, lai ar skrēperu varētu savākt liekās un recirkulējamās dūņas.



Ir vērts projektēt vismaz divas paralēlas nostādinātāju līnijas, lai avārijas gadījumā neapstātos visa notekūdeņu attīrīšanas sistēma.

Aprēķina sākumā tiek pieņemta suspendēto vielu slodzes plūsma  $q_{sf}$  otrējam nostādinātājam – tā nedrīkst pārsniegt  $4,3 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{st})$ . ONB aprēķinam tiek izmantota vidējā diennakts kopējā caurplūde  $Q_{\text{vid.kopējā}}$ , pārbaudei – maksimālā diennakts kopējā caurplūde  $Q_{\text{max.kopējā}}$ . Aprēķinos tiek izmantota arī recirkulācijas caurplūde no bioreaktora aprēķiniem  $Q_r$ . Nostādinātāja caurplūde  $Q_{\text{nost}}$  tiek aprēķināta šādi:

$$Q_{\text{nost}} = \frac{Q_{\text{vid.kopējā}} + Q_r}{24}, \quad (5.2.1.)$$

kur

$Q_{\text{nost}}$  – ONB kopējā caurplūde,  $\text{m}^3/\text{h}$ ;

$Q_{\text{vid.kopējā}}$  – diennakts vidējā kopējā caurplūde,  $\text{m}^3/\text{dn}$ ;

$Q_r$  – recirkulācijas caurplūde,  $\text{m}^3/\text{dn}$ .

Nostādinātāja maksimālā caurplūde  $Q_{\text{nost max}}$  tiek aprēķināta pēc 5.2.2. formulas:

$$Q_{\text{nost max}} = \frac{Q_{\text{max.kopējā}} + Q_{r \text{ max}}}{24}, \quad (5.2.2.)$$

kur

$Q_{\text{nost max}}$  – ONB kopējā maksimālā caurplūde,  $\text{m}^3/\text{h}$ ;

$Q_{\text{max.kopējā}}$  – diennakts maksimālā kopējā caurplūde,  $\text{m}^3/\text{dn}$ ;

$Q_{r \text{ max}}$  – recirkulācijas maksimālā caurplūde,  $\text{m}^3/\text{dn}$ .

ONB rezervuāru darba laukums  $A$  tiek noteikts pēc 5.2.3. formulas, izmantojot vielu slodzi  $q_{sf}$ , dūņu koncentrāciju  $X$  un nostādinātāja caurplūdi  $Q_{\text{nost}}$ :

$$A = \frac{Q_{\text{nost}} \cdot X}{q_{sf}}, \quad (5.2.3.)$$

kur

$A$  – ONB darba laukums,  $\text{m}^2$ ;

$Q_{\text{nost}}$  – nostādinātāja caurplūde,  $\text{m}^3/\text{h}$ ;

$X$  – dūņu koncentrācija,  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;

$q_{sf}$  – vielu slodze,  $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ .

Pēc 5.2.4. formulas tiek noteikta viena ONB rezervuāra platība  $A_{\text{IONB}}$ :

$$A_{\text{IONB}} = \frac{A}{n}, \quad (5.2.4.)$$

kur

$A$  – ONB darba laukums,  $\text{m}^2$ ;

$A_{\text{IONB}}$  – viena ONB darba laukums,  $\text{m}^2$ ;

$n$  – ONB skaits.

Viena ONB teorētisko diametru  $d$  var noteikt šādi:

$$d = \sqrt{\frac{A_{\text{IONB}} \cdot 4}{\pi}}, \quad (5.2.5.)$$

kur

$d$  – ONB teorētiskais diametrs, m;

$A_{\text{IONB}}$  – viena ONB darba laukums, m<sup>2</sup>.

Reālais ONB diametrs  $D$  tiek pieņemts kā teorētiskais diametrs  $d$  ar 20 % rezervi.

Nepieciešams noteikt ONB darba laukumu  $A_0$  ar reālo diametru  $D$ . To var aprēķināt, izmantojot 5.2.6. formulu:

$$A_0 = \frac{\pi \cdot D^2}{4}, \quad (5.2.6.)$$

kur

$A_0$  – ONB darba laukums ar reālo diametru, m<sup>2</sup>;

$D$  – ONB reālais diametrs, m.

Veicot ONB aprēķinus, tiek pieņemts ONB augstums  $H$ , ievērojot 5.2.1. attēlā redzamos datus. Tālāk pēc 5.2.7. formulas tiek noteikts viena ONB rezervuāra darba tilpums  $V$ :

$$V = A_0 \cdot H, \quad (5.2.7.)$$

kur

$V$  – viena ONB darba tilpums, m<sup>3</sup>;

$A_0$  – ONB darba laukums ar reālo diametru, m<sup>2</sup>;

$H$  – ONB augstums, m.

Hidrauliskās aizturēšanas laikam  $HRT$  ir jābūt vismaz divas stundas gan pie vidējās, gan pie maksimālās caurplūdes.  $HRT$  vidējās plūsmas režīmā tiek noteikts šādi:

$$HRT = \frac{V \cdot n}{Q_{\text{nost}}}, \quad (5.2.8.)$$

kur

$HRT$  – hidrauliskās aizturēšanas laiks, h;

$V$  – viena ONB darba tilpums, m<sup>3</sup>;

$n$  – ONB skaits;

$Q_{\text{nost}}$  – nostādinātāja caurplūde, m<sup>3</sup>/h.

Hidrauliskās aizturēšanas laiks  $HRT$  pie maksimālās caurplūdes tiek noteikts pēc 5.2.9. formulas:

$$HRT_{\max} = \frac{V \cdot n}{Q_{\text{nost max}}}, \quad (5.2.9.)$$

kur

$HRT_{\max}$  – hidrauliskās aizturēšanas laiks pie maksimālās caurplūdes, h;

$Q_{\text{nost max}}$  – nostādinātāja maksimālā caurplūde,  $\text{m}^3/\text{h}$ .

Otrējā nostādinātāja darbības kontroles parametri ir virsmas plūsmas noslodze  $Q_{\text{SOR}}$  (angļu val. *Surface overflow rate*) un teknes pārplūdes noslodze  $Q_{\text{WOR}}$  (angļu val. *Width overflow rate*).  $Q_{\text{SOR}}$  vidējās plūsmas režīmā tiek noteikta šādi:

$$Q_{\text{SOR}} = \frac{Q_{\text{nost} \cdot 24}}{A_0 \cdot n}, \quad (5.2.10.)$$

kur

$Q_{\text{SOR}}$  – hidrauliskā slodze,  $\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{dn})$ ;

$Q_{\text{nost}}$  – nostādinātāja caurplūde,  $\text{m}^3/\text{h}$ ;

$A_0$  – viena ONB laukums ar rezervi,  $\text{m}^2$ ;

$n$  – ONB skaits.

$Q_{\text{SOR max}}$  maksimālās plūsmas režīmā tiek noteikta pēc 5.2.11. formulas:

$$Q_{\text{SOR max}} = \frac{Q_{\text{nost max} \cdot 24}}{A_0 \cdot n}, \quad (5.2.11.)$$

kur

$Q_{\text{SOR max}}$  – hidrauliskā slodze pie maksimālās caurplūdes,  $\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{dn})$ ;

$Q_{\text{nost max}}$  – nostādinātāja maksimālā caurplūde,  $\text{m}^3/\text{h}$ .

Virsmas plūsmas ātrums  $Q_{\text{SOR max}}$  pie pārplūdes nedrīkst pārsniegt 0,9 m/h (maksimālā plūsma; visas tvertnes darbojas) un 1,25 m/st (maksimālā plūsma; viena tvertne nedarbojas).

Slodzi uz tekni  $Q_{\text{WOR}}$  var noteikt, izmantojot 5.2.12. formulu:

$$Q_{\text{WOR}} = \frac{Q_{\text{nost}}}{D \cdot n}, \quad (5.2.12.)$$

kur

$Q_{\text{WOR}}$  – slodze uz tekni,  $\text{m}^3/(\text{m} \cdot \text{h})$ ;

$D$  – ONB diametrs ar rezervi, m;

$n$  – ONB skaits;

$Q_{\text{nost}}$  – nostādinātāja caurplūde,  $\text{m}^3/\text{h}$ .

Slodzi  $Q_{\text{WOR max}}$  maksimālās caurplūdes režīmā aprēķina, izmantojot 5.2.13. formulu:

$$Q_{\text{WOR max}} = \frac{Q_{\text{nost max}}}{D \cdot n}, \quad (5.2.13.)$$

kur

$Q_{\text{WOR max}}$  – slodze uz tekni maksimālās plūsmas režīmā,  $\text{m}^3/(\text{m}\cdot\text{h})$ ;

$Q_{\text{nost max}}$  – nostādinātāja maksimālā caurplūde,  $\text{m}^3/\text{h}$ .

Teknes pārplūdes noslodzei  $Q_{\text{WOR max}}$  jābūt līdz  $10 \text{ m}^3/(\text{m}\cdot\text{h})$  pie maksimālas caurplūdes.

Attīrīšanas efektivitāte tiek pieņemta, ņemot vērā MK noteikumus Nr. 34 par attiecīgo attīrīšanu. Piesārņojošo vielu koncentrācijas aprēķina pēc 4.2.7. formulas, bet  $C_{\text{ieplūdē}}$  vietā ir  $C_{\text{PNB}}$ . Iegūtās koncentrācijas  $C_{\text{izlaidē}}$  ir koncentrācijas NAI izlaidē, tām ir jāatbilst MK noteikumu Nr. 34 prasībām.

## 6. Aerācijas aprēķins

Aerācijas process uztur izšķīdušā skābekļa koncentrāciju aerācijas tvertnē, kas ir nepieciešama attīrīšanas procesam un nodrošina pietiekamu maisīšanas intensitāti, kas novērstu aktīvo dūņu nogulsnešanos. Aerācijas sistēmai jāuztur izšķīdušā skābekļa koncentrāciju vismaz 1 mg O<sub>2</sub>/l, ja tiek nodrošināta organisko piesārņojumu izdalīšana, un vismaz 3 mg O<sub>2</sub>/l, ja tiek nodrošināta nitrifikācija.

Skābekļa patēriņš pēc BSP O<sub>2</sub> BSP tika aprēķināts 5.1. sadaļā “Bioreaktora aprēķins”. Tagad ir nepieciešams noteikt skābekļa patēriņu slāpekļa izdalīšanai Q<sub>O<sub>2</sub>N</sub> un kopējo skābekļa patēriņu uz 1 m<sup>3</sup> notekūdeņu Q<sub>k</sub>. Skābekļa patēriņš slāpekļa izdalīšanai tiek aprēķināts pēc 6.1. formulas:

$$Q_{O_2N} = 4,57 \cdot C - 2,86 \cdot (C - C_0), \quad (6.1.)$$

kur

Q<sub>O<sub>2</sub>N</sub> – skābekļa patēriņš slāpekļa izdalīšanai, g/m<sup>3</sup>;

C – slāpekļa koncentrācija pēc mehāniskās attīrīšanas, g/m<sup>3</sup>;

C<sub>0</sub> – slāpekļa koncentrācija izplūdē, g/m<sup>3</sup>.

Ar 6.2. formulu tiek aprēķināts kopējais skābekļa patēriņš Q<sub>k</sub> uz 1 m<sup>3</sup> notekūdeņu:

$$Q_k = Q_{O_2BSP} + Q_{O_2N}, \quad (6.2.)$$

kur

Q<sub>k</sub> – kopējais skābekļa patēriņš uz 1 m<sup>3</sup> notekūdeņu, g/m<sup>3</sup>;

Q<sub>O<sub>2</sub>BSP</sub> – skābekļa patēriņš pēc BSP, g/m<sup>3</sup>;

Q<sub>O<sub>2</sub>N</sub> – skābekļa patēriņš slāpekļa izdalīšanai, g/m<sup>3</sup>.

Aerācijas procesa parametru noteikšanai ir nepieciešams aprēķināt SOTE koeficientu (angļu val. *standard oxygen transfer coefficient*). Šis koeficients ir atkarīgs no bioreaktora dziļuma H un skābekļa izmantošanas daļas uz 1 m ūdens slāņa SOTE<sub>n</sub>. SOTE koeficients tiek noteikts pēc 6.3. formulas:

$$SOTE = SOTE_n \cdot H^{0,7}, \quad (6.3.)$$

kur

SOTE – standarta skābekļa pārvietošanās koeficients;

SOTE<sub>n</sub> – skābekļa izmantošanas daļa uz 1 m ūdens slāņa (SOTE<sub>n</sub> = 0,05);

H – bioreaktora dziļums, m.

Normāla spiediena  $P_1$  apstākļos 760 mm Hg jeb 10,33 m  $H_2O$  +15 °C temperatūrā skābekļa izlīdzināšanās spēja  $C_T = 10 \text{ g/m}^3$  un nepieciešamā izšķīdušā skābekļa koncentrācija nitrifikācijas procesam  $C_0 = 3 \text{ g/m}^3$ . Īpatnējais skābekļa saturs gaisā  $S_0 = 250 \text{ g/m}^3$ . Skābekļa pārvešanas koeficients pie  $T = +15 \text{ °C}$  ir  $K_t = 0,9$ . Ūdens daudzuma koeficients sadzīves notekūdeņiem  $K_b = 0,85$ . Parciālo spiedienu  $P_a$  var aprēķināt, izmantojot 6.4. formulu:

$$P_a = P_1 - \frac{H}{2}, \quad (6.4.)$$

kur

$P_a$  – parciālais spiediens, m  $H_2O$ ;

$P_1$  – normālais spiediens, m  $H_2O$  ( $P_1 = 10,33 \text{ m } H_2O$ );

$H$  – bioreaktora dziļums, m.

Kad tiek aprēķināts parciālais spiediens  $P_a$ , var noteikt skābekļa koncentrāciju bioreaktorā  $C_a$  pēc 6.5. formulas:

$$C_a = C_T \cdot \left( 1 + \frac{H}{2 \cdot P_a} \right), \quad (6.5.)$$

kur

$C_a$  – skābekļa koncentrācija bioreaktoros,  $\text{g/m}^3$ ;

$C_T$  – skābekļa šķīdināšanās spēja  $P_1$  un  $T = +15 \text{ °C}$  apstākļos,  $\text{g/m}^3$ ;

$H$  – bioreaktora dziļums, m;

$P_a$  – parciālais spiediens, m  $H_2O$ .

Ņemot vērā iepriekš noteiktos parametrus, pēc 6.6. formulas var aprēķināt gaisa tilpumu uz 1  $\text{m}^3$  notekūdeņu  $q_{\text{air}}$ :

$$q_{\text{air}} = \frac{Q_k}{SOTE \cdot S_0 \cdot \frac{C_a - C_0}{C_a} \cdot K_T \cdot K_B}, \quad (6.6.)$$

kur

$q_{\text{air}}$  – gaisa tilpums uz 1  $\text{m}^3$  notekūdeņu,  $\text{m}^3/\text{m}^3$ ;

$Q_k$  – kopējais skābekļa patēriņš uz 1  $\text{m}^3$  notekūdeņu,  $\text{g/m}^3$ ;

$SOTE$  – standarta skābekļa pārvietošanās koeficients;

$S_0$  – īpatnējais skābekļa saturs gaisā,  $\text{g/m}^3$ ;

$C_a$  – skābekļa koncentrācija bioreaktoros,  $\text{g/m}^3$ ;

$C_0$  – izšķīdušā skābekļa koncentrācija bioreaktorā nitrifikācijas procesam,  $\text{g/m}^3$ ;

$K_T$  – skābekļa pārvešanas koeficients pie  $T = +15 \text{ °C}$ ;

$K_B$  – ūdens daudzuma koeficients sadzīves notekūdeņiem.

Gaisa patēriņš uz diennakts kopējo vidējo plūsmu  $Q_{\text{air vid.}}$  tiek aprēķināts šādi:

$$Q_{\text{air vid.}} = q_{\text{air}} \cdot Q_{\text{vid.kopējā}} \quad (6.7.)$$

kur

$Q_{\text{air vid.}}$  – gaisa patēriņš uz diennakts kopējo vidējo plūsmu,  $\text{m}^3/\text{dn}$ ;

$q_{\text{air}}$  – gaisa tilpums uz  $1 \text{ m}^3$  notekūdeņu,  $\text{m}^3/\text{m}^3$ ;

$Q_{\text{vid.kopējā}}$  – diennakts kopējā vidējā caurplūde,  $\text{m}^3/\text{dn}$ .

Gaisa plūsma stundā tiek noteikta ar 6.8. formulu, izmantojot  $Q_{\text{air vid.}}$ :

$$Q_{\text{air vid. h}} = \frac{Q_{\text{air vid.}}}{24}, \quad (6.8.)$$

kur

$Q_{\text{air vid. h}}$  – gaisa patēriņš uz diennakts kopējo vidējo plūsmu,  $\text{m}^3/\text{h}$ ;

$Q_{\text{air vid.}}$  – gaisa patēriņš uz diennakts kopējo vidējo plūsmu,  $\text{m}^3/\text{dn}$ .

Aeratora jaudas  $W$  noteikšanai ir nepieciešams skābekļa masas patēriņš stundā  $Q_{\text{O}_2 \text{ h}}$  un skābekļa ietilpības efektivitāte  $P = 1,5 \text{ kg/kWh}$ .

Skābekļa masas patēriņš  $Q_{\text{O}_2 \text{ h}}$  tiek noteikts pēc 6.9. formulas:

$$Q_{\text{O}_2 \text{ h}} = \frac{C_a \cdot Q_{\text{vid.kopējā}}}{1000 \cdot 24}, \quad (6.9.)$$

kur

$Q_{\text{O}_2 \text{ h}}$  – skābekļa masas patēriņš uz diennakts kopējo vidējo plūsmu,  $\text{kg}/\text{h}$ ;

$Q_{\text{vid.kopējā}}$  – diennakts kopējā vidējā caurplūde,  $\text{m}^3/\text{dn}$ ;

$C_a$  – skābekļa koncentrācija bioreaktoros,  $\text{g}/\text{m}^3$ .

Aeratora jaudu  $W$  var aprēķināt, izmantojot 6.10. formulu:

$$W = \frac{Q_{\text{O}_2 \text{ h}}}{P}, \quad (6.10.)$$

kur

$W$  – aeratora jauda,  $\text{kW}$ ;

$Q_{\text{O}_2 \text{ h}}$  – skābekļa masas patēriņš uz diennakts kopējo vidējo plūsmu,  $\text{kg}/\text{h}$ ;

$P$  – skābekļa ietilpības efektivitāte,  $\text{kg/kWh}$ .

## 7. Nogulšņi un liekās dūņas

Notekūdeņu attīrīšanas stacijās nogulšņiem ir vairāki veidi, un attiecīgi atšķiras arī to apstrādes veidi. Nogulšņi no redelēm parasti ir liela izmēra piesārņojums, kas var būt suspendētas vielas, plastmasa, koksne utt. Šis piesārņojums ir bīstams NAI cauruļvadiem, rezervuāru maisītājiem, sūkņiem. Smiltis, arī nogulsnes no smilšķērēja, var izmantot atkārtoti, tāpēc to savākšana un apstrāde ir svarīgs posms nogulšņu apsaimniekošanā. Pirmējo nostādinātāju nogulšņi parasti ir izgulsnētas suspendētas vielas, kas ir labs organiskais mēslojums, ko pēc attiecīgas pārstrādes var izmantot lauksaimniecībā. Labs mēslojums vai enerģijas ražošanas materiāls ir lieko dūņu biomasas. Biomasas pārstrādes laikā metāntenkos tiek izdalīts metāns, un tā ir laba biogāzes ražošanas iespēja.

Nogulšņi no redelēm tiek aprēķināti, ņemot vērā mitro atsiju daudzumu  $q$  uz 1 CE = 20 l/gadā un mitruma saturu  $p = 80\%$ . Atsiju blīvums ir  $\rho = 750 \text{ kg/m}^3$ . Sauso atsiju daudzumu uz 1 CE ( $q_s$ ) var noteikt, izmantojot 7.1. formulu:

$$q_s = q \cdot \frac{100 - p}{100}, \quad (7.1.)$$

kur

$q_s$  – sauso atsiju daudzums uz 1 CE, l/(CE·gads);

$q$  – mitro atsiju daudzums uz 1 CE, l/(CE·gads);

$p$  – mitruma saturs, %.

Sauso atsiju masu gadā uz 1 CE var aprēķināt, izmantojot blīvumu, pēc 7.2. formulas:

$$m_{\text{CE}} = q_s \cdot \frac{\rho}{1000}, \quad (7.2.)$$

kur

$m_{\text{CE}}$  – sauso atsiju masa, kg/(CE·gadā);

$q_s$  – sauso atsiju daudzums uz 1 CE, l/(CE·gads);

$\rho$  – blīvums,  $\text{kg/m}^3$ .

Kopējo atsiju diennaktī aprēķina pēc 7.3. formulas:

$$m = \frac{m_{\text{CE}} \cdot n}{365}, \quad (7.3.)$$

kur

$m$  – sauso atsiju masa, kg/dn;

$m_{\text{CE}}$  – sauso atsiju masa, kg/(CE·gadā);

$n$  – iedzīvotāju skaits.



Smiltis no smilšķērēja ir specifiskas nogulsnes, ko var izmant atkārtoti. Smilts daudzums  $q$  no 1 CE ir 0,02 l/(CE·dn), blīvums  $\rho = 2650 \text{ kg/m}^3$ . Smilts masu  $m_{\text{CE}}$  no 1 CE diennaktī var noteikt pēc 7.4. formulas:

$$m_{\text{CE}} = \frac{q \cdot \rho}{1000}, \quad (7.4.)$$

kur

$m_{\text{CE}}$  – smilts masa no 1 CE diennaktī, kg/(CE·dn);

$q$  – smilts tilpums no 1 CE, l/(CE·dn);

$\rho$  – smilts blīvums, kg/m<sup>3</sup>.

Smilts kopējo masu diennaktī  $m$  var aprēķināt ar 7.5. formulu:

$$m = m_{\text{CE}} \cdot n, \quad (7.5.)$$

kur

$m$  – smilts kopēja masa diennaktī, kg/dn;

$m_{\text{CE}}$  – smilts masa no 1 CE diennaktī, kg/(CE·dn);

$n$  – iedzīvotāju skaits.

Nogulsnes no pirmējā nostādinātāja pārsvarā ir suspendētas vielas. Pirmējā nostādinātājā izgulsnēto suspendēto vielu masu  $m$  diennaktī aprēķina, izmantojot koncentrāciju vērtības pēc redelēm un pēc PNB, pēc 7.6. formulas:

$$m = \frac{C_{\text{redeles}} - C_{\text{PNB}}}{1000} \cdot Q_{\text{vid.kopējā}}, \quad (7.6.)$$

kur

$m$  – PNB nogulšņu kopējā masa diennaktī, kg/dn;

$C_{\text{redeles}}$  – suspendēto vielu koncentrācija pēc redelēm, g/m<sup>3</sup>;

$C_{\text{PNB}}$  – suspendēto vielu koncentrācija pēc PNB, g/m<sup>3</sup>;

$Q_{\text{vid.kopējā}}$  – diennakts vidējā kopējā caurplūde, m<sup>3</sup>/dn.

Liekās dūņas tiek novadītas no otrējā nostādinātāja un apstrādātas. Lieko dūņu apstrāde ietver dūņu kondicionēšanu, sabiezinašanu, sablīvēšanu un uzglabāšanu. Vēl viena lieko dūņu izmantošanas iespēja – apstrāde metātenkos un biogāzes iegūšana. Jāņem vērā tas, ka, ja dūņas tiek sablīvētas, tad labākajā gadījumā var sasniegt mitruma saturu līdz 65 %, tomēr parasti dūņas ir ar 70–80 % mitruma saturu. Lieko dūņu masas aprēķins tiek veikts ar dūņu mitrumu 0 %. Lieko dūņu masu  $m$  diennaktī aprēķina, izmantojot 7.7. formulu:

## Notekūdeņu novadišana

Metodiskie norādījumi studiju projekta izstrādei

---

$$m = \frac{Q_w \cdot X_r}{1000}, \quad (7.7)$$

kur

$m$  – lieko dūņu masa diennaktī pēc sausās vielas, kg/dn;

$Q_w$  – lieko dūņu plūsma, m<sup>3</sup>/dn;

$X_r$  – lieko (un recirkulācijas) dūņu koncentrācija, g/m<sup>3</sup>.

## 8. Hidraulisko zudumu noteikšana

Notekūdeņu attīrīšanas stacijas profils nav horizontāls, jo, notekūdeņiem pārvietojoties no NAI sākuma līdz izlaipei, rodas hidrauliskie zudumi. Hidrauliskie zudumi parādās starprezervuāru kanālos, NAI rezervuāros, notekūdeņu pieņemšanas un izlaišanas paplātēs, uz redelēm. Studiju projektā tiks noteikti hidrauliskie zudumi rezervuāros, notekūdeņu pieņemšanas un izlaišanas paplātēs un uz redelēm. Pēc zudumu aprēķināšanas tiek sastādīts NAI hidrauliskais profils (piemērs 2. pielikumā).

Hidraulisko zudumu uz redelēm kompensēšanai pirms redelēm tiek uzstādīts “lēciens” (2. pielikums), lai notekūdeņi neuzkrātos pirms redelēm, bet izietu cauri un pārvietotos tālāk uz nākamajiem attīrīšanas posmiem.

Hidrauliskie zudumi uz redelēm tiek noteikti ar 8.1. formulu:

$$\Delta h_{\text{redēles}} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}, \quad (8.1.)$$

kur

$\Delta h_{\text{redēles}}$  – hidrauliskie zudumi uz redelēm, m;

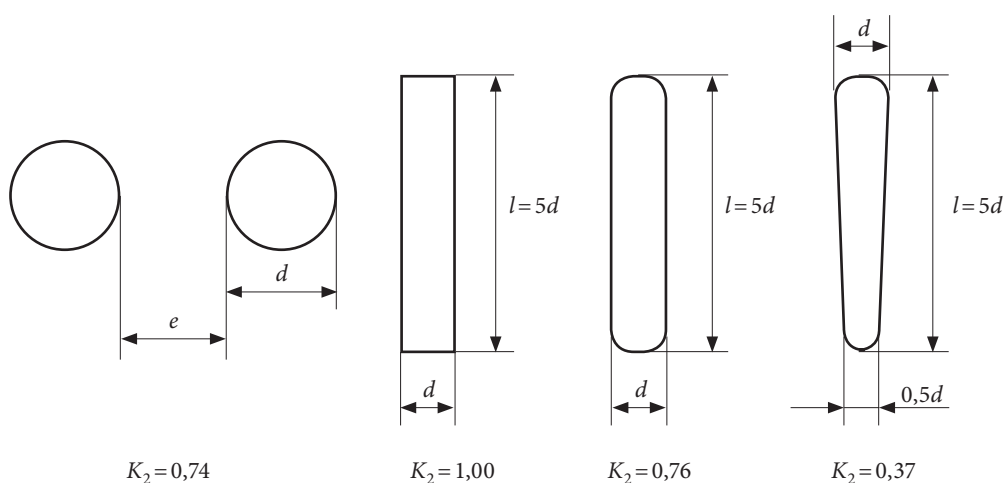
$K_1$  – piesārņojuma koeficients,  $K_1 = 1,05$ ;

$K_2$  – stieņu horizontāla šķērsriezuma konfigurācija (8.1. attēls);

$K_3$  – starpstieņu izlaišanas šķērsriezums (8.2. tabula);

$v$  – ātrums, m/s;

$g$  – brīvās krišanas paātrinājums, m/s<sup>2</sup>.



8.1. attēls. Stieņu horizontāla šķērsriezuma konfigurācija ( $K_2$ ) (Degrémont-Suez, 2007).

Starpstieņu izlaišanas šķērsriezuma koeficienta  $K_3$  noteikšana (Degrémont-Suez., 2007).

$\frac{l}{4} \cdot \left( \frac{2}{e} + \frac{1}{h} \right)$	$\frac{e}{e+d}$									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0	245	51,5	18,2	8,25	4,0	2,0	0,97	0,42	0,13	0
0,2	230	48	17,4	7,70	3,75	1,87	0,91	0,40	0,13	0,01
0,4	221	46	16,6	7,40	3,60	1,80	0,88	0,39	0,13	0,01
0,6	199	42	15	6,60	3,20	1,60	0,80	0,36	0,13	0,01
0,8	164	34	12,2	5,50	2,70	1,34	0,66	0,31	0,12	0,02
1	149	31	11,1	5,00	2,40	1,20	0,61	0,29	0,11	0,02
1,4	137	28,4	10,3	4,60	2,25	1,15	0,58	0,28	0,11	0,03
2	134	27,4	9,9	4,40	2,20	1,13	0,58	0,28	0,12	0,04
3	132	27,5	10	4,50	2,24	1,17	0,61	0,31	0,15	0,05

8.1. attēla un 8.2. tabulas parametri:

$l$  – stieņu garums, m;

$e$  – spraugu platums, m;

$d$  – stieņu platums, m;

$h$  – ūdens dziļums redelēs, m.

Izlaišanas paplātes tiek projektētas smilšķērējā (2 x), pirmējā (2 x) un otrējā (2 x) nostādinātājā. Ūdens augstumu  $h$  paplātes sākumā aprēķina, pārveidojot 8.2. formulu:

$$Q_{\text{vid.kopējā}} = \mu \cdot L \cdot h \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

$$h = \sqrt[3]{\frac{Q_{\text{vid.kopējā}}^2}{(\mu \cdot L)^2 \cdot 2 \cdot g}}, \quad (8.2.)$$

kur

$h$  – ūdens augstums paplātes sākumā, m;

$Q_{\text{vid.kopējā}}$  – notekūdeņu diennakts vidējā kopējā caurplūde, m<sup>3</sup>/s;

$\mu$  – izlaišanas patēriņa koeficients (rezervuāriem  $\mu = 0,4$ );

$L$  – izlaišanas paplātes platums, m;

$g$  – brīvās krišanas paātrinājums, m/s<sup>2</sup>.

Pēc ūdens augstuma  $h$  noteikšanas, izmantojot arī  $Q_{\text{vid.kopējā}}$  caurplūdi (l/s), ņemot vērā 8.3. tabulas datus, var noteikt paplātes augstumu  $P$ .

Paplātes augstuma  $P$  noteikšana (Degrémont-Suez., 2007).

Ūdens augstums $h, m$	Paplātes augstums $P, m$								
	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,80	1,00	1,50	2,00
0,10	64,7	63,0	62,3	61,9	61,6	61,3	61,2	61,1	61,0
0,12	85,3	82,7	81,5	80,8	80,4	79,9	79,7	79,4	79,3
0,14	108,2	104,4	102,6	101,5	100,9	100,1	99,8	99,3	99,2
0,16	133,2	128,1	125,5	124,0	123,0	122,0	121,4	120,7	120,5
0,18	160,2	153,7	150,2	148,1	146,8	145,3	144,5	143,5	143,2
0,20	189,3	181,0	176,6	173,9	172,1	170,0	168,9	167,7	167,1
0,22	220,2	210,2	204,6	201,2	198,9	196,2	194,8	193,1	192,4
0,24	253,0	241,0	234,2	230,0	227,2	223,8	221,9	219,7	218,8
0,26	287,6	273,6	265,5	260,3	256,9	252,7	250,3	247,5	246,4
0,28	323,9	307,8	298,2	292,1	288,0	282,9	280,0	276,5	275,1
0,30	361,8	343,6	332,5	325,4	320,5	314,4	310,9	306,6	304,9
0,32		380,9	368,3	360,1	345,3	347,2	343,0	337,9	335,7
0,34		419,8	405,6	396,1	389,5	381,2	376,2	370,2	367,2
0,36		460,1	444,2	433,5	426,0	416,4	410,7	403,6	400,5
0,38		502,0	484,3	472,3	463,8	452,8	446,3	438,0	434,4
0,40		545,2	525,8	512,4	502,9	490,5	483,0	473,5	469,3
0,45		659,4	635,3	618,3	606,0	589,6	579,6	566,5	560,6
0,50			752,9	732,1	716,7	696,0	682,9	665,7	657,8
0,55			878,2	853,4	834,8	809,2	792,9	770,9	760,5
0,60			1011,1	982,1	960,0	929,2	909,3	881,9	868,7

Hidrauliskie zudumi  $\Delta h_{\text{paplāte}}$  uz izlaišanas paplātēm tiek aprēķināti pēc 8.3. formulas:

$$\Delta h_{\text{paplāte}} = P + \frac{v^2}{2 \cdot g}, \quad (8.3.)$$

kur

$\Delta h_{\text{paplāte}}$  – hidrauliskie zudumi uz paplātes, m;

$P$  – paplātes augstums, m;

$v$  – ātrums, m/s;

$g$  – brīvās krišanas paātrinājums, m/s<sup>2</sup>.

Hidrauliskie zudumi pēc rezervuāru garuma tiek noteikti, izmantojot iepriekš aprēķinātus rezervuāru garumu un koeficientus  $i$  (zudumi uz 1 m garuma),  $i$  koeficientu

vērtības studiju projektā tiek dotas aptuveni (skat. 2. pielikumu):

- $i_1$  – pieņemšanas kameras koeficients – 0,015 m/m;
- $i_2$  – smilšķērēja koeficients – 0,001 m/m;
- $i_3$  – posma starp smilšķērēju un PNB koeficients – 0,005 m/m;
- $i_4$  – PNB koeficients – 0,001 m/m;
- $i_5$  – posma starp PNB un bioreaktoru koeficients – 0,005 m/m;
- $i_6$  – bioreaktora koeficients – 0,001 m/m;
- $i_7$  – posma starp bioreaktoru un ONB koeficients – 0,005 m/m;
- $i_8$  – ONB koeficients – 0,001 m/m.

Hidrauliskie zudumi pēc garuma  $\Delta h$  tiek noteikti pēc 8.4. formulas:

$$\Delta h = i \cdot L, \tag{8.4}$$

kur

$i$  – zudumu koeficients uz 1 m garuma, m/m;

$L$  – posma vai rezervuāra garums, m.

Kopējie hidrauliskie zudumi tiek noteikti ar 8.5. formulu:

$$\Delta h_{\text{kopējie}} = \sum i \cdot L + \Delta h_{\text{redeles}} + \sum \Delta h_{\text{paplātes}}. \tag{8.5}$$

## 9. Atsauces

- Azimi, A. A., Zamanzadeh, M. (2006). The Effect of Selectors and Reactor Configuration on Filamentous Sludge Bulking Control in Activated Sludge. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 9, 345–349.
- Bengtson, H. (2011. gada 11. 3). *Activated Sludge Aeration Tank Design with Excel Spreadsheets*. Ielādēts no Engineering Excel spreadsheets: <https://www.engineeringexcelspreadsheets.com/2011/03/activated-sludge-aeration-tank-design/>
- Crites, R., Tchobanoglous, G. (1998). *Small & Decentralized Wastewater Management Systems*, 1st edn. McGraw-Hill Science/Engineering/Math; 1st edn (April 2, 1998); 1104 pages.
- Degrémont-Suez. (2007). *Water Treatment Handbook 1. Volume 7th Edition*. Degrémont-Suez, 838 pages.
- Metcalf & Eddy Inc. (2003). *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*, 4th edn. New York: revised by Tchobanoglous, G, Burton, F. L., Stensel, H. D.
- Notekūdeņu attīrīšana. (2019. gada 13. 8). Ielādēts no Dabaszinātnes un matemātika: [https://www.siic.lu.lv/kim/IT/K\\_12/default.aspx@tabid=21&id=550.html](https://www.siic.lu.lv/kim/IT/K_12/default.aspx@tabid=21&id=550.html).
- Park, J. K. (2016). *Primary Sedimentation*. Dept. of Civil and Environmental Engineering, University of Wisconsin-Madison.
- Soulsby, R. (1997). *Dynamics of marine sands: a manual for practical applications*. Thomas Telford, London, 249 p. London: Thomas Telford; 249 pages.
- State of Maine. (2009). *Notes on activated sludge process control*. Department of Environmental Protection.

## 10. Pielikumi



# 1. pielikums. Tehnoloģiskā shēma (Notekūdeņu attīrīšana, 2019).

## Bioloģiskās attīrīšanas stacijas «DAUGAVGRĪVA» darbības shēma

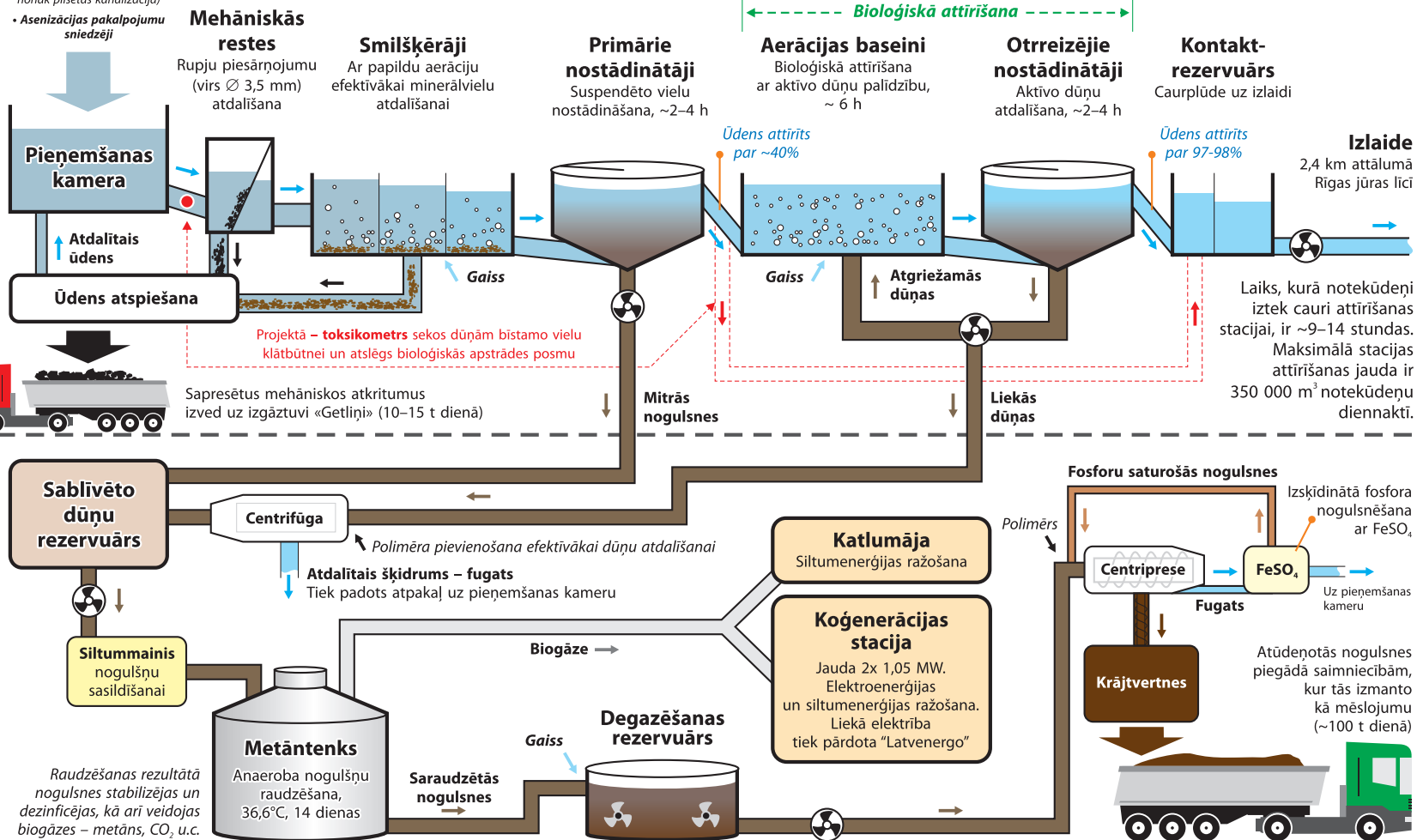
Notekūdeņu apstrāde



Nogulšņu apstrāde



- **Pilsētas kanalizācija** – notekūdeņi no mājām, rūpniecām, lietus kanalizācija. (Ja nepieciešams, rūpniec notekūdeņi tiek attīrīti pirms nonāk pilsētas kanalizācijā)
- **Asenizācijas pakalpojumu sniedzēji**



## 2. pielikums. Hidrauliskais profils

