

Dodatak 1 A:
Podaci i dimenzioniranja za
različite tipove postrojenja za
pročišćavanje otpadnih voda

Sadržaj

1. Opći podaci o konstruiranju postrojenja za bistrenje za 12.200 st. u sezoni	4
1.1. Osnovni podaci	4
1.1.1. Stanovnici i ekvivalent stanovnika	4
1.1.2. Količine vode	4
1.1.2.1. Dnevne količine onečišćene vode	4
1.1.2.2. Količine vode	Error! Bookmark not defined.
1.1.3. PBK-tereti	5
1.1.4. Tereti razgradivih tvari	5
1.1.5. Tereti tvari koji se mogu filtrirati	5
Dimenzioniranja uređaja s rešetkom	6
2. Dimenzioniranja prozračenog pjeskolova	7
3. Oživljavanje sa simultanom stabilizacijom i sekundarnim bistrenjem	10
3.1. Reaktor oživljavanja	10
3.2. Proizvodnja mulja	12
3.3. Sekundarno bistrenje	12
4. Dimenzioniranja oživljavanja u slučaju uređaja sa simultanom stabilizacijom u kombinaciji s uređajem s membranom	14
4.1. Volumen oživljavanja	14
4.2. Proizvodnja mulja	Error! Bookmark not defined.
4.3. Sekundarno bistrenje	16
4.4. Dimenzioniranje membrana	Error! Bookmark not defined.
4.4.1. Troškovi pogona (Energija-)	17
5. Dimenzioniranja uređaja s biološkim prokapnikom i emšerskim spremnikom	18
5.1. Prokapnik	18
5.2. Dimenzioniranje emšerskog spremnika	19
5.2.1. Potrebni volumen bazena za taloženje:	19
5.2.2. Potrebni volumen trulišnog prostora u emšerskom spremniku	19
Potrebni Volumen u sezoni	20
Vrijeme zadržavanje izvan sezone	20
5.2.3. Količina proizvedenog mulja	21
Pregled volumena:	21
6. Dimenzioniranja uređaja s maksimalnim oživljavanjem i emšerskim spremnikom	22
6.1. Oživljavanje	22
6.2. Sekundarno bistrenje	23
6.3. Dimenzioniranje emšerskog spremnika	24
6.3.1. Potrebni volumen bazena za taloženje	24
6.3.2. Potrebni volumen trulišta u emšerskom spremniku	Error! Bookmark not defined.
6.3.3. Količina proizvedenog mulja	26
7. Dimenzioniranja uređaja s UASB-reaktorima i prokapnikom	27
7.1. Dimenzioniranja UASB-reaktora	27
7.1.1. Osnovni podaci	27
7.1.2. Potrebno vrijeme zadržavanja i potrebni volumen reaktora	27
7.2. Biološki prokapnik i sekundarno bistrenje	28
7.2.1. Mjerenje prokapnika	28
7.2.2. Dimenzioniranja sekundarnog bistrenja	29
7.2.2.1. Potrebna površina i volumen	29

7.3.	Produktionsmulja	29
7.3.1.	UASB reaktori.....	29
7.3.2.	Produktionsblata u prokapniku	30
7.3.3.	Ukupna količina nataloženog mulja.....	30
8.	Obrada mulja.....	31
8.1.	Potrebne površine za sušenje mulja na poljima za sušenje	31
8.2.	Dimenzioniranje spremnika za mulj	32

1. Opći podaci za uređaj za bistrenje od 12.200 st. u sezoni

1.1. Osnovni podaci

1.1.1. Stanovnici i ekvivalent stanovnika

Najviše stanovnika –u sezoni	12.200 st.	temperatura otpadnih voda 20 ° C
Stanovnici izvan-sezone	5.500 st	temperatura otpadnih voda 15 ° C

1.1.2. Količine otpadne vode

1.1.2.1. Dnevne količine otpadne vode

Oko 200 l/(po stanovniku i danu)

Otpadna voda u sezoni	2.440 m ³ /d
Normalna količina otpadne vode	1.100 m ³ /d

Pri 12.200 st. je najveća potrošnja oko podneva

Dotok nečiste vode u sezoni, špica	$2.440 \text{ m}^3/\text{d}/12/3,6 = 57 \text{ l/s}$
Normalni dotok nečiste vode, špica	$1.100 \text{ m}^3/\text{d}/12/3,6 = 26 \text{ l/s}$

Normalni dotok nečiste vode srednji	$1.100 \text{ m}^3/\text{d}/24/3,6 = 13 \text{ l/s}$
-------------------------------------	--

Dodatak za oborinsku vodu i infiltracija (100 % najveće količine pri normalnom pogonu) = 26 l/s

1.1.2.2. Količine vode

Maksimalne količine vode

Sezona:	$57 + 26 \text{ l/s} = 93 \text{ l/s}$	(335 m ³ /h)
Izvan sezone:	$26 + 26 \text{ l/s} = 56 \text{ l/s}$	(202 m ³ /h)

Prosječne količine vode (bez oborinskih voda)

Sezona:	25 l/s	(93 m ³ /h)
Izvan-sezone:	13 l/s	(47 m ³ /h)

1.1.3. Biokemijska potrošnja kisika (BPK)

Specifični teret 60 g BPK/(st·d)

Stanovnici u gl. sezoni	12.200 st	· 0,06 kg BPK/(st·d) = 732 kg/d
Stanovnici izvan sezone	5.500 st	· 0,06 kg BPK/(st·d) = 330 kg/d

1.1.4. Tereti i nataložene tvari

Specifični teret nataloženih tvari 50 g/(st·d)
Od toga

Udio mineralnih tvari 20 g/(St·d)
Udio organskih tvari 30 g/(st·d)

Najveći broj st. u gl. sezoni	12.200 st	· 0,05 kg/(st·d) = 610 kg/d
Stanovnici izvan sezone	5.500 st	· 0,05 kg/(st·d) = 275 kg/d

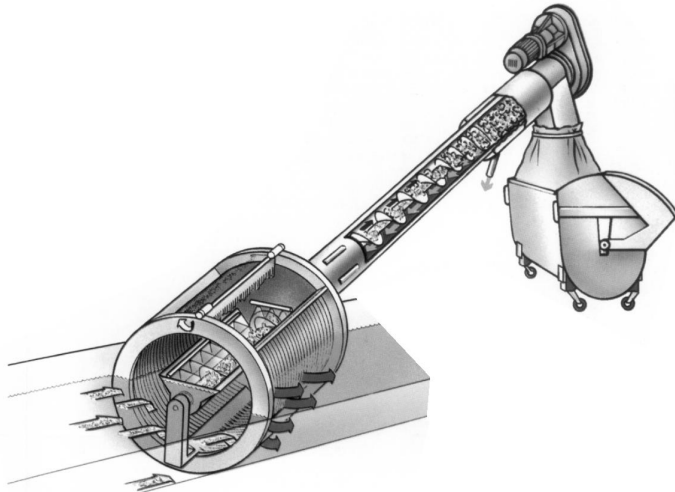
1.1.5. Tvari koje se mogu filtrirati

Specifični teret tvari koje se mogu filtrirati 65 g/(st·d)
Od toga
Udio mineralnih tvari 25 g/(st·d)
Udio organskih tvari 40 g/(st·d)

Stanovnici u gl. sezoni	12.200 st	· 0,065 kg/(st·d) = 793 kg/d
Stanovnici izvan sezone	5.500 st	· 0,065 kg/(st·d) = 358 kg/d

Dimenzioniranje uređaja s rešetkama

Koristit će se uređaj tipa Huber ili neki slični

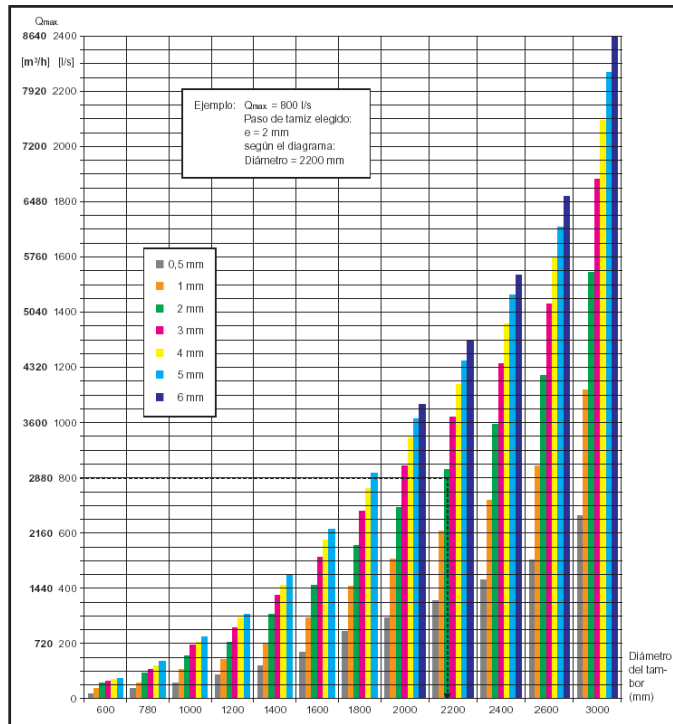


Slika 1: uređaj tipa Huber ili neki slični

Trebaju se instalirati 2 bubnjasta sita, a svaki je konstruiran za maksimalni dotok od 75 l/s. Dalje se mora predvidjeti jedan pomoćni uređaj s rešetkom kojim se može ručno upravljati.



Slika 2: slika jednog takvog uređaja s rešetkama



slika 3: Grafički prikaz dimenzioniranja s Huber uređajem s rešetkama

Kao što se iz slike 3 jasno vidi, povoljno bi bilo korištenje ,2 bubnjasta sita s promjerom cilindra 780 mm pri širini sita od 5 mm .

Dimenzioniranje prozračenog pjeskolova

Ovo mjerenje važi za sve vrste uređaja, koji imaju pjeskolov.

Bitni mjerodavni parametri za mjerenje prozračenog pjeskolova nalaze se u sljedećoj tablici.

Tabelle 1: mjerni podaci za prozračene pjeskolove (Basis ATV-DVWK A131)

Parameter	vorgeschlagener Wertebereich
horizontale Fließgeschwindigkeit	< 0,20 m/s
Breiten-/Tiefenverhältnis b_{SF}/h_{SF} bei Trockenwetterzufluss	< 1,0
Breiten-/Tiefenverhältnis b_{SF}/h_{SF} bei Regenwetterzufluss	> 0,8
Querschnittsfläche A_L (ohne Fettfang)	1 - 15 m ²
Beckenlänge	mindestens 10-fache Breite, max. 50 m
Durchflusszeit für Q_{max} - bei geringen Anforderungen - bei hohen Anforderungen an den Sandrückhalt	ca. 10 min ca. 5 min ca. 20 min
Einblastiefe ($h_{SF}-h_{Bel}$)	30 cm über der Sandrinnenoberkante
Sohlquerneigung	35 - 45°
spez. Lufteintrag bezogen auf das Beckenvolumen	0,5 - 1,3 m ³ /(m ³ ·h)
Breite der Fettfangtasche b_{FF}	0,20 bis 0,50 · b_{SF}

(horizontale Fließgeschwindigkeit = horizontalna protočna vrijednost
Breiten-/Tiefenverhältnis = odnos širina/dubina
Trockenwetterzufluss = dotok pri suhom vremenu
Regenwetterzufluss = dotok pri kišnom vremenu

vorgeschlagene Wertebereich = predložene vrijednosti

mindestens 10-fache Breite = najmanje deseterostruka širina

Querschnittsfläche A_L (ohne Fettfang) = površina poprečnog presjeka (bez separiranja masti)

Beckenlänge = dužina bazena

Durchflusszeit für = vrijeme protoka za

Bei geringen Forderungen = pri malim zahtjevima

Bei hohen Anforderungen an den Sandrückhalt = pri velikim zahtjevima za zadržavanjem pijeska

Einblastiefe = dubina ubrizganja

Sohlquerneigung = poprečni nagib temeljne ploče

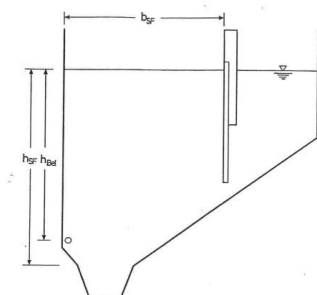
Spez. Lufteintrag bezogen auf das Beckenvolumen = specifični unos zraka u odnosu na volumen bazena

Breite der Fettfangtasche = širina prostora za separiranje masti

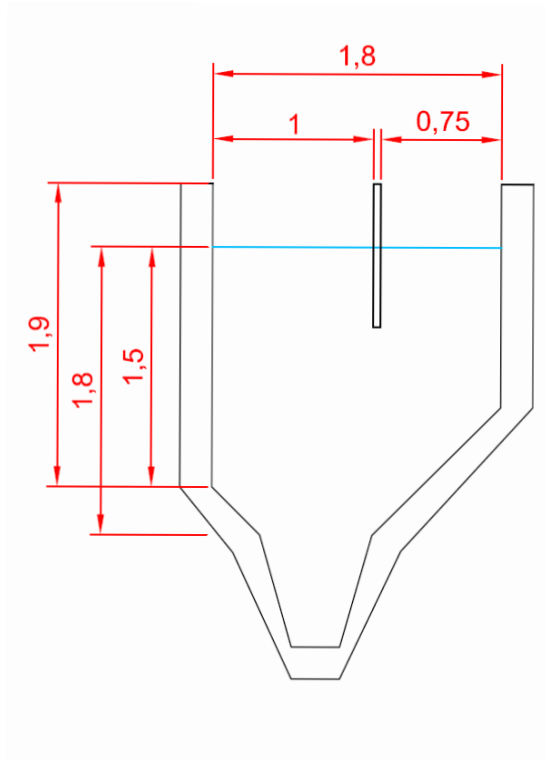
30 cm über Sandrinnenoberkante =

30 cm iznad gornjeg ruba žlijeba za pijesak

Tablica 2



Slika 4: Slika sustava prozračenog pjeskolova



Slika 5 5: Dimenzije prozračenog pijeskolova

Površina_{Ist} = 2,1 m²/m

Dužina = 25 m

Volumen : 52,5 m³

Vrijeme protoka pri najvećem dotoku (sezona) : $52,5 \text{ m}^3 / 0,093 \text{ m}^3/\text{s} = 9,4 \text{ min.}$

Vrijeme protoka pri najvećem dotoku (izvan sezone) : $52,5 \text{ m}^3 / 0,056 \text{ m}^3/\text{s} = 13,5 \text{ min.}$

Srednje vrijeme protoka bez kiše (izvan sezone) : $52,5 \text{ m}^3 / 0,013 \text{ m}^3/\text{s} = 57 \text{ min.}$

Maksimalna horizontalna protočna vrijednost = $0,093 / 2,1 = 0,044 \text{ m/s} < 0,2 \text{ m/s}$

Potrebno unošenje zraka: $1 \text{ m}^3/(\text{m}^3 \cdot \text{h}) \text{ ---- } 52,5 \text{ m}^3 \text{ zrak /h}$

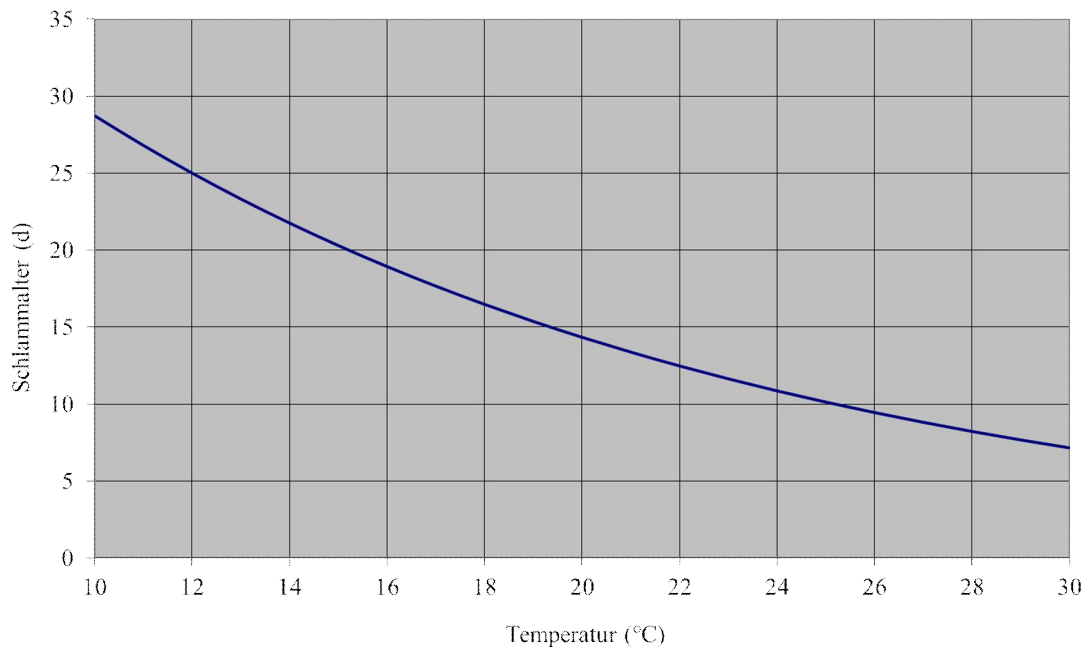
3. Oživljavanje sa simultanom stabilizacijom i sekundarnim bistrenjem

3.1. Reaktor za oživljavanje

Prilikom simultane stabilizacije mulja stabilizacija mulja se vrši na aerobni način. Potrebna starost mulja može se odrediti sljedećom formulom:

$$t_{TS,Bem} \geq 25 \cdot 1,072^{(12-T)}$$

Potrebna starost mulja je prikazana na sljedećoj slici kao funkcija temperature.



Slika 6 : potrebna starost mulja za mjerenje u ovisnosti o temperaturi prilikom postupka sa simultanim oživljavanjem

To znači da je ljeti pri visokim temperaturama otpadnih voda dovoljna mala starost blata i time manji volumen nego što je to potrebno zimi..

Koncentracija čvrstih tvari u bazenu za oživljavanje ne bi smjela biti veća od 4 kg TR/m³.
Važi

$$V_{BB} \cdot TR_{BB} = t_{TS} \cdot \dot{U}S_d$$

Specifična proizvodnja mulja može se prema ATV-A128 izračunati sljedećom formulom.

$$\dot{U}S_d = B_{d,BSB} \cdot (0,75 + 0,6 \cdot \frac{X_{TS,ZB}}{C_{BSB,ZB}} - \frac{0,8 \cdot 0,17 \cdot 0,75 \cdot t_{TS} \cdot F_T}{1 + 0,17 \cdot t_{TS} \cdot F_T}) \quad \text{s } F_T = 1,072^{(T-15)}$$

t_{TS}	d	Starost mulja
$\dot{U}S_d$	Kg/d	Dnevna proizvodnja čvrste tvari
TR_{BB}	Kg/m ³	Koncentracija aktiviranog mulja u bazenu
V_{BB}	M ³	Volumen bazena za oživljavanje
$B_{d,BSB}$	Kg/d	BPK-teret u dotoku u bazen za oživljavanje
$X_{TS,ZB}$	mg/l	Koncentracija profiltriranih krutih tvari poslije sušenja pri 105°C u dotoku u bazene za oživljavanje
$C_{BSB,ZB}$	mg/l	Koncentracija BPK u homogeniziranom uzorku
F_T	-	Temperaturni faktor
T	°C	Temperatura otpadnih voda

Slučaj 1: Ljeto

Sa sljedećim vrijednostima

T	20	°C
F_T	1,42	-
t_{TS}	14,5	d
X_{TS}/C_{CSB}	1,08	-
$Faktor$	0,93	

može se odrediti proizvodnja blata od $\dot{U}S_d = 732 \cdot 0,93 = 681 \text{ kg TR/d}$. Onda se može izračunati potrebna količina aktiviranog mulja u reaktoru ($\text{kg TR} = V_{BB} \cdot TR_{BB}$) kao

$$t_{TS} \cdot \dot{U}S_d = 9.875 \text{ kg TR}$$

Pri koncentraciji čvrste tvari od $TR_{BB} = 4 \text{ kg TR/m}^3$ obračunava se potrebni volumen od

$$V_{BB} = 9.875 \text{ kg TR} / 4 \text{ kg TR/m}^3 = 2.446 \text{ m}^3$$

Gradnja dvaju bazena s dimenzijama:

Dubina vode: 4 m
Širina: 10 m
Dužina: 30 m

Volumen: 1200 m³

Slučaj 2: Zima

Opterećenje: 330 kg BPK/d (Temperatura otpadnih voda 15 °C)

Potrebna starost blata 20,5 d

T	15	°C
FT	1,00	-
tTS	20,5	d
XTS/CCSB	1,08	-
Faktor	0,93	

Potrebna količina aktiviranog mulja:

$$V_{BB} \cdot TR_{BB} = 20,5 \cdot 0,93 \cdot 330 = 6.292 \text{ kg TR}$$

$$V_{BB} = \frac{6292 \text{ kg TR}}{4 \text{ kg/m}^3} = 1.573 \text{ m}^3$$

To znači da volumen, koji je potreban ljeti određuje, dimenzioniranje .

Zimi bi pogon mogao raditi sa samo jednim bazenom, ako bi struktura mulja, dopustila da se radi s koncentracijama mulja od 5,1 kg TR/m³ u ovom bazenu za oživljavanje..

3.2. Proizvodnja mulja

Proizvodnja mulja: 0,93 kg TR/ kg BPK

sezona: 0,93 kg TR/ kg BPK · 732 kg BPK/d = 681 kg TR/d
izvan-sezone: 0,93 kg TR/ kg BPK · 330 kg BPK/d = 307 kg TR/d

Godišnje taloženje mulja poslije sušenja na 25 % TR:

$$(681 \text{ kg TR/d} \cdot 2 \text{ m} + 307 \text{ kg TR/d} \cdot 10 \text{ m}) \cdot 30,5 \text{ d/m} / (1,4 \cdot 0,25) = 386 \text{ m}^3/\text{a}$$

3.3. Sekundarno bistrenje

Indeks mulja:

Volumen naslaganog mulja:

Sadržaj krute tvari, oživljavanje

$$ISV = 100 \text{ l/kg}$$

$$q_{SV} \leq 500 \text{ l/(m}^2 \cdot \text{h)}$$

$$TS_{BB} = 4 \text{ kg/m}^3$$

$$q_A = \frac{q_{SV}}{TS_{BB} \cdot ISV} \text{ (m/h)}$$

$$q_A = \frac{500}{4 \cdot 100} = 1,25 \text{ m/h}$$

$$A_{NB} = \frac{Q_m}{q_A} \quad m^2$$

To znači da pri dotoku, od 335 m³/h (93 l/s) potrebna je gornja površina od

$$A_{NB} = \frac{335}{1,25} = 268 \, m^2$$

D odabran: 18,5 m

Srednja dubina : $h_{2/3} = 4,5 \, m$

Postojeći volumen : $\approx 1206 \, m^3$

4. Dimenzioniranje oživljavanja u slučaju uređaja za simultanu stabilizaciju u kombinaciji s uređajem s filterima

3.1. Volumen uređaja s aktiviranim muljem

Odeđivanje potrebne količine aktiviranog mulja vrši se na isti način kao što je prikazano pod brojem 3 za uređaj za stabilizaciju s bazenima za sekundarno bistrenje. U reaktoru, koji je pridodan dijelu s membranama, može se računati s bitno većim koncentracijama mulja. Sadržaj mulja u konvencionalnom aktiviranju (udio aktiviranja) iznosit će (kao kod konvencionalnog uređaja) oko 4 kg TR/m³ volumena aktiviranja

$$V_{BB} = \frac{t_{TS, Ben} \cdot \dot{ÜS}}{TR_{BB}}$$

Slučaj 1 : Zima

Opterećenje: 330 kg BPK/d (Temperatura otpadne vode 15 ° C)

Potrebna starost mulja 20,5 d

$$V_{BB} = \frac{20,5 \cdot 0,93 \cdot 330}{4} = 1.573 \text{ m}^3$$

Sve ostalo kao u slučaju br. 4

Za to je potreban bazen sa sljedećim dimenzijama:

Dimenzije:

Dubina vode:	4 m
Širina:	11 m
Dužina:	36 m

Slučaj 2: Ljeto

Opterećenje: 732 kg BSB/d (Temperatura otpadnih voda 20 ° C)

Tu je volumen od 1.600 m³ (potreban za zimski pogon).
Potrebni dodatni volumen može se odrediti kakao slijedi:

T	20	°C
FT	1,42	-
tTS	14,5	d
XTS/CCSB	1,08	-
Faktor	0,93	

S dijelom volumena u konvencionalnom uređaju s aktiviranim muljem može se ljeti pokriti opterećenje od 475 kg BPK/d .

$$Zulässige BSB_{Fracht} = \frac{1600 m^3 \cdot 4 \text{ kgTS} / m^3}{0,93 \cdot 14,5 d} = 475 \text{ kg} / d$$

To znači da se u dijelu, uređaja s membranama moraju razgraditi $732 - 475 = 257$ kg BPK/d .

Za dio bazena s aktiviranim muljem, koji je pridodan uređaju s membranom može se raditi s $14 \text{ kg TS} / m^3$.

Potrebna starost mulja: 14,5 d

Potrebni dodatni volumen za dio uređaja s membranom:

$$V_{BB,Membran} = \frac{14,5 \cdot 0,93 \cdot 257}{14} = 248 m^3$$

Za to je potreban bazen sljedećih dimenzija:

Dimenzije:

dubina vode: 4 m
širina: 11 m
dužina: 7 m

4.2. Proizvodnja mulja

Proizvodnja mulja: 0,93 kg TR/ kg BPK

Sezona: $0,93 \text{ kg TR} / \text{kg BPK} \cdot 732 \text{ kg BPK} / d = 681 \text{ kg TR} / d$
Izvan sezone: $0,93 \text{ kg TR} / \text{kg BPK} \cdot 330 \text{ kg BPK} / d = 307 \text{ kg TR} / d$

Godišnji nataloženi mulj poslije sušenja na 25 % TR:

$$(681 \text{ kg TR} / d \cdot 2 \text{ m} + 307 \text{ kg TR} / d \cdot 10 \text{ m}) \cdot 30,5 \text{ d} / m / (1,4 \cdot 0,25) = 386 m^3/a$$

4.3. Sekundarno bistrenje

Bazen za sekundarno bistrenje postavlja se na dovodni dio, koji se ljeti šalje preko bazena za sekundarno bistrenje. Odnos ovog dijela dotoka prema ukupnom dotoku je isti kao odnos tereta nečistoće prema ukupnom teretu nečistoće, koji se obrađuje u pridodanom dijelu bazena s aktiviranim muljem (mit 4 kg TR/m³)

Maksimalni ukupni dotok: 335 m³/h (93 l/s)
Dio koji prelazi preko sekundarnog bazena za bistrenje: 335 m³/h · 475 kg BPK/d / 732 kg BPK/d = 217 m³/h

Indeks mulja: ISV = 100 l/kg
Punjenje volumena mulja: q_{sv} ≤ 500 l/(m²·h)
Sadržaj krutih tvari, oživljavanje TS_{BB} = 4 kg/m³

$$q_A = \frac{q_{sv}}{TS_{BB} \cdot ISV} \quad (\text{m/h})$$

$$q_A = \frac{500}{4 \cdot 125} = 1,25 \text{ m/h}$$

$$A_{NB} = \frac{Q_m}{q_A} \quad \text{m}^2$$

To znači da je u dotoku od 217 m³/h (60 l/s) potrebna površina od

$$A_{NB} = \frac{217}{1,25} = 173 \text{ m}^2$$

D potreban: 15 m

Srednja dubina: h_{2/3} = 4,5 m

Dobiveni volumen: ≈ 779 m³

4.4. Konstruiranje membrana

Za dimenzioniranje membrana može se posegnuti za sljedećim vrijednostima:

Maksimalna količina protoka: 25 l/(m²·h) = 0,007 l/(m² · s) = 7 l/(1000 m²/s)

Maksimalna količina vode, koja se dovodi dijelu za aktiviranje mulja s membranama iznosi oko

93 l/s - 60 l/s = 33 l/s.

Ovo opet znači, da je potrebna površina membrana 33 / 7 · 1.000 = 4.714 m².

4.4.1. Troškovi pogona (energije-) membrana

Potrošnja energije membrana: 1 kWh/m³

Procijenjena ukupna količina otpadnih voda, koje se vode preko membrana:

$$\frac{2440 \text{ m}^3/\text{d} \cdot 331/\text{s}}{931/\text{s}} \text{ m}^3/\text{d} \cdot 2 \text{ mjeseca} \cdot 30,5 \text{ d/mjesec} = 52.814 \text{ m}^3/\text{a}$$

To znači potrošnju od 52.814 kWh/a i pri troškovima od 0,1 Euro/kWh troškovi energije od \approx **5.300 Euro/a.**

5. Dimenzioniranje uređaja s biološkim prokapnikom i emšerskim spremnikom

5.1. Biološki prokapnik

Tereti koji se dovode prokapniku:

Broj stanovnika u glavnoj sezoni 12.200 st. · 0,04 kg BPK/(st·d) = 488 kg/d
Broj stanovnika izvan sezone 5.500 st. · 0,04 kg BPK/(st·d) = 220 kg/d

Specifično opterećenje biološkog uređaja: 0,4 kg BPK/(m³·d)

Potreban volumen prokapnika

$$V_{\text{olumen/sezona}} = 488 / 0,4 = 1.220 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{olumen/izvan sezone}} = 220 / 0,4 = 550 \text{ m}^3$$

Potreban volumen: 1.220 m³

Visina ispune: 4 m
Površina: 305 m² D = 19,7 ≈ 20 m

Potrebna površina bazena za sekundarno bistrenje

Dopušteno površinsko punjenje $q_A = 1 \text{ m/h}$

$$A_{NB} = \frac{Q_m}{q_A} \text{ m}^2$$

To znači da je pri dotoku, od 335 m³/h (93 l/s) potrebna površina od

$$A_{NB} = \frac{335}{1} = 335 \text{ m}^2$$

D potreban: 21 m

Srednja dubina : $h_{2/3} = 4,5 \text{ m}$

Dobiveni volumen .: ≈ 1500 m³

Proizvodnja mulja u prokapniku

Proizvodnja mulja : 0,7 kg TR / kg BPK_{rezgradnja}

BPK_{razgradnja, sezona} = 0,95 · 488 kg/d = 464 kg TR/d ili proizvodnja mulja 325 kg TR/d

BPK_{razgradnja izvan sezone} = 0,95 · 220 kg/d = 209 kg TR/d ili proizvodnja mulja 147 kg TR/d

5.2. Konstruiranje emšerskog spremnika

5.2.1. Potrebni volumen bazena za taloženje:

Vrijeme zadržavanja prilikom najvećeg dotoka 1,0 h

To znači da je pri 93 l/s (335 m³/h) potreban volumen od **335 m³**.

To znači da u vremenu izvan sezone, u vremenu bez oborina srednje vrijeme zadržavanja iznosilo bi 3,6 h u „špici“ i 7,2 h usred dana.

Zato je emšerski spremnik potrebno podijeliti u dva dijela:.

Jedinica za taloženje u emšerskom spremniku (2 jedinice):

Maksimalno ispunjenje površine: 1,5 m/h

Maksimalna površina po jedinici (2 jedinice):

Površina > 335 m³/h / 2 / 1,5 m/h = 111 m²

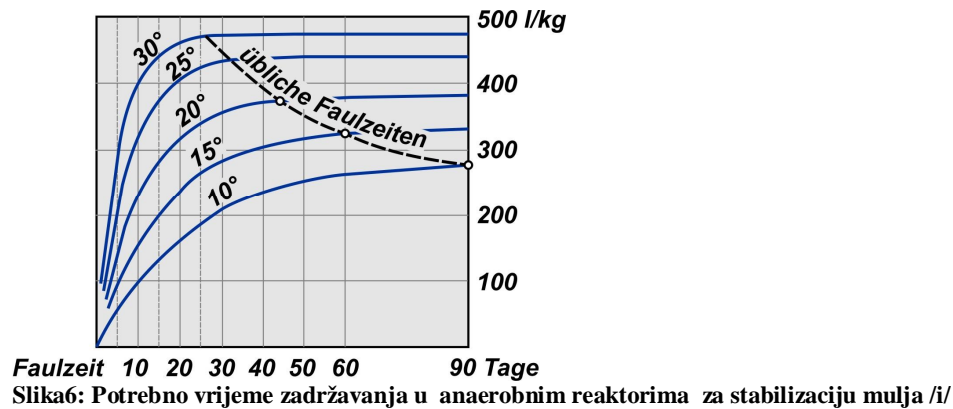
Dimenzije jedne jedinice:

Srednja dubina:	1,5 m
Površina:	111 m ²
Dužina / širina	4/1
Dužina	21,0 m
Širina	5,0 m

5.2.2. Potrebni volumen prostora za truljenje u emšerskom spremniku

Radi se o truljenju mulja u anaerobnom reaktoru. Može se polaziti od toga, da prilikom procesa truljenja mineralni dio ostaje u mulju, ipak organska supstanca svježeg mulja smanjuje svoju masu za polovicu.

Stupanj razgradnje se može opisati kroz stvaranje plina (vidi sliku 7). Vrijeme zadržavanja bi bilo uz najmanju temperaturu otpadnih voda od 15 °C (zima) oko 60 dana. Ljeti pri velikom skupljanju mulja dovoljno bi bilo 45 dana (20 °C) .



Potrebni volumen u sezoni

Količina prizvedenog mulja u prokapsniku: 325 kg TR/d (Nr. 5.1)
 Količina prizvedenog mulja iz jed. za primarno bistenje: $0,95 \cdot 610 \text{ kg TR/d} = 580 \text{ kg TR/d}$
 Ukupna količina prizvedenog mulja : 905 kg TR/d
 Smanjenje za vrijeme procesa truljenja: 30%
 Preostala količina mulja: 634 kg TR/d
 Srednja količina mulja ostala u reaktoru v /d = $(634 + 905)/2 = 770 \text{ kg TR/d}$
 Srednja koncentracija čvrstih tvari u prostoru za truljenje: 7 Volumen %
 Specifična težine suhe supstance: 1,4 kg/l
 Potrebni volumen pri truljenju od 45 dana:

$$V_{Digest} = \frac{45 \cdot 770}{1,4 \cdot 0,07 \cdot 1000} = 354 \text{ m}^3$$

Vrijeme zadržavanja izvan sezone

Količina proizvedenog mulja u prokapsniku: 147 kg TR/d (Nr. 5.1)
 Količina prizvedenog mulja iz jed. za primarno bistenje $0,95 \cdot 275 \text{ kg TR/d} = 261 \text{ kg TR/d}$
 Ukupna Količina prizvedenog mulja : 408 kg TR/d
 Smanjenje za vrijeme procesa truljenja: 30%
 Preostala količina mulja: 286 kg TR/d

Srednja količina mulja ostala u reaktoru /d = $(408 + 286)/2 = 347$ kg TR/d

Srednja koncentracija čvrstih tvari u prostoru za truljenje: 7 Volumen %

Specifična težine suhe supstance: 1,4 kg/l

Potrebni volumen pri truljenju od 45 dana:

$$V_{Digest} = \frac{60 \cdot 347}{1,4 \cdot 0,07 \cdot 1000} = 213 \text{ m}^3$$

Vrijeme zadržavanja pri volumenu od 354 m^3 je onda oko 100 dana > 60 d, dakle, više nego dovoljno.

5.2.3. Količina proizvedenog mulja

Sezona : 634 kg TR/d
Izvan sezone : 286 kg TR/d

Godišnja količina mulja poslije sušenja na 25 % TR:

$$(634 \text{ kg TR/d} \cdot 2 \text{ m} + 286 \text{ kg TR/d} \cdot 10 \text{ m}) \cdot 30,5 \text{ d/m} / (1,4 \cdot 0,25) = 360 \text{ m}^3/\text{a}$$

Pregled volumena:

Volumen zone za taloženje: 335 m^3
Volumen digestije: 354 m^3
Prijelazna zona.: 100 m^3

Ukupni volumen: 789 m^3

Ukupna dubina: 9 m

6. Dimenzioniranje uređaja s vrlo opterećenim uređajem za aktiviranje mulja i emšerskim spremnikom

6.1. Uređaj za aktiviranje

Tereti u dotoku uređaju za aktiviranje:

Stanovnici u gl. sezoni 12.200 st. · 0,04 kg BPK/(st·d) = 488 kg/d
Stanovnici izvan sezone 5.500 st. · 0,04 kg BPK/(st·d) = 220 kg/d

Mjerenje se vši analogno pogl.. 3. Starost mulja t_{TS} je ovdje samo 5 dana. **Error! Bookmark not defined.**

Koncentracija čvrstih tvari u bazenu za aktiviranje ne bi trebala iznositi preko 3,2 kg TR/m³.
Važi

$$V_{BB} \cdot TR_{BB} = t_{TS} \cdot \dot{U}S_d$$

Specifična proizvodnja mulja može se prema ATV-A128 **Error! Bookmark not defined.** izračunati sljedećom formulom.

$$\dot{U}S_d = B_{d,BSB} \cdot (0,75 + 0,6 \cdot \frac{X_{TS,ZB}}{C_{BSB,ZB}} - \frac{0,8 \cdot 0,17 \cdot 0,75 \cdot t_{TS} \cdot F_T}{1 + 0,17 \cdot t_{TS} \cdot F_T}) \quad \text{mit } F_T = 1,072^{(T-15)}$$

t_{TS}	d	Starost mulja
$\dot{U}S_d$	Kg/d	Dnevna proizvodnja čvrste tvari
TR_{BB}	Kg/m ³	Koncentracija aktiviranog mulja u bazenu
V_{BB}	M ³	Volumen bazena za aktiviranje
$B_{d,BSB}$	Kg/d	BPK-teret u dotoku bazenu za aktiviranje
$X_{TS,ZB}$	mg/l	Koncentracija filtriranih čvrstih tvari poslije sušenja na 105°C u dotoku bazenu za aktiviranje
$C_{BSB,ZB}$	mg/l	Koncentracija BPK u homogeniziranom uzorku
F_T	-	Temperaturni faktor
T	°C	Temperatura otpadnih voda

Slučaj 1 : Ljeto (odlučujuće prilikom dimenzioniranja)

Sa sljedećim vrijednostima

T	20	°C
F_T	1,42	-
t_{TS}	5	d
X_{TS}/C_{CSB}	0,4	-
$Faktor$	0,66	

Može se odrediti proizvodnja mulja od $488 \cdot 0,66 = 322$ kg TR/. Potrebna količina aktiviranog mulja u reaktoru (kg TR) = $V_{BB} \cdot TR_{BB}$ može se izračunati kao

$$t_{TS} \cdot \dot{U}S_d = 1.610 \text{ kg TR} .$$

Pri koncentraciji čvrstih tvari od $TR_{BB} = 3,2$ kg TR/m³ izračunava se potrebni volumen od

$$V_{BB} = 1.610 \text{ kg TR} / 3,2 \text{ kg TR/m}^3 = 503 \text{ m}^3$$

Gradnja dvaju bazena s dimenzijama:

Dubina vode: 4 m
širina: 10 m
dužina: 25 m

Volumen: 1.000 m³

6.2. Sekundarno bistrenje

Indeks mulja: ISV = 125 l/kg
Punjenje volumena mulja: $q_{SV} \leq 500$ l/(m²·h)
Sadržaj čvrste tvari, bazen za aktiviranje $TS_{BB} = 3,2$ kg/m³

$$q_A = \frac{q_{SV}}{TS_{BB} \cdot ISV} \text{ (m/h)}$$

$$q_A = \frac{500}{3,2 \cdot 125} = 1,25 \text{ m/h}$$

$$A_{NB} = \frac{Q_m}{q_A} \text{ m}^2$$

To znači , da je pri dotoku od 335 m³/h (93 l/s) potrebna površina od

$$A_{NB} = \frac{335}{1,25} = 268 \text{ m}^2$$

D potreban: 19 m

Srednja dubina : $h_{2/3} = 4,5$ m

Dobiveni volumen.: ≈ 1206 m³

6.3. Postavljanje emšerskog spremnika

6.3.1. Potrebni volumen prostora za taloženje

Vrijeme zadržavanja prilikom najvećeg dotoka je 1,0 h

To znači da je za 93 l/s (335 m³/h) potreban volumen od **335 m³** .

To znači da u vremenu izvan sezone, u vremenu bez oborina srednje vrijeme zadržavanja iznosilo bi 3,6 h u „špici“ i 7,2 h usred dana.

Zato je emšerski spremnik potrebno podijeliti u dva dijela:.

Jedinica za taloženje u emšerskom spremniku (2 jedinice):

Maksimalno ispunjenje površine: 1,5 m/h

Maksimalna površina po jedinici (2 jedinice):

Površina > 335 m³/h /2/1,5 m/h =111 m²

Dimenzije jedne jedinice:

Srednja dubina:	1,5 m
Površina:	111 m ²
Dužina /širina	4/1
Dužina	21,0 m
Širina	5,0 m

6.3.2. Potrebni volumen prostora za truljenje u emšerskom spremniku

Radi se o truljenju mulja u anaerobnom reaktoru. Može se polaziti od toga, da prilikom procesa truljenja mineralni dio ostaje u mulju, ipak organska supstanca svježeg mulja smanjuje svoju masu za polovicu.

Stupanj razgradnje se može opisati kroz stvaranje plina (vidi sliku 8). Vrijeme zadržavanja bi bilo uz najmanju temperaturu otpadnih voda od 15 °C (zima) oko 60 dana. Ljeti, pri velikom skupljanju mulja, dovoljno bi bilo 45 dana (20 °C) .

Potrebni volumen u sezoni

Količina proizvedenog mulja u prokapniku:	322 kg TR/d (Nr. 5.1)
Količina proizvedenog mulja u jedinici za predbistrenje:	$0,95 \cdot 610 \text{ kg TR/d} = 580 \text{ kg TR/d}$
Ukupna proizvodnja mulja:	902 kg TR/d
Smanjenje za vrijeme procesa truljenja:	30%
Preostala količina mulja:	632 kg TR/d
Srednja količina mulja ostala u reaktoru /d	$= (632 + 902)/2 = 767 \text{ kg TR/d}$
Srednja koncentracija krutih tvari u prostoru za truljenje:	7 volumen %
Specifična težina suhe supstance:	1,4 kg/l

Potrebni volumen pri truljenju od 45 dana :

$$V_{Digest} = \frac{45 \cdot 767}{1,4 \cdot 0,07 \cdot 1000} = 352 \text{ m}^3$$

Vrijeme zadržavanja van sezone

Količina proizvedenog mulja u prokapniku:	156 kg TR/d (Nr. 5.1)
Količina proizvedenog mulja u jedinici za predbistrenje:	$0,95 \cdot 275 \text{ kg TR/d} = 261 \text{ kg TR/d}$
Ukupni proizvedeni mulj:	417 kg TR/d
Smanjenje za vrijeme procesa truljenja:	30%
Preostala količina mulja:	292 kg TR/d
Srednja količina mulja ostala u reaktoru /d	$= (417 + 292)/2 = 355 \text{ kg TR/d}$
Srednja koncentracija krutih tvari u prostoru za truljenje:	7 volumen %
Specifična težina suhe supstance:	1,4 kg/l

$$\text{Potrebni volumen prostora za truljenje } V_{Digest} = \frac{60 \cdot 355}{1,4 \cdot 0,07 \cdot 1000} = 217 \text{ m}^3$$

Vrijeme zadržavanja pri volumenu od 354 m^3 je oko 98 dana $> 60 \text{ d}$, što je, dakle više nego dovoljno.

6.3.3. Količina proizvedenog mulja

Sezona : 632 kg TR/d
Izvan sezone : 292 kg TR/d

Godišnja količina proizvedenog mulja poslije sušenja 25 % TR:

$$(662 \text{ kg TR/d} \cdot 2 \text{ m/a} + 292 \text{ kg TR/d} \cdot 10 \text{ m/a}) \cdot 30,5 \text{ d/m} / (1,4 \cdot 0,25) = 370 \text{ m}^3/\text{a}$$

7. Dimenzioniranje uređaja s UASB-reaktorima i jednim prokapnikom

7.1. Dimenzioniranje des UASB-reaktora

7.1.1. Osnovni podaci

Srednja temperatura otpadnih voda u najhladnijem mjesecu zime: 15 °C

Srednja temperatura otpadnih voda u najtoplijem mjesecu ljeta: 20 °C

Opterećenje u sezoni :

Stanovnici	12.200 st.
Prosječna količina vode	2.440 m ³ /d
ili (prosjek)	102 m ³ /h
Količina vode u „špici“:	335 m ³ /h
Prosječni BPK-teret /d	732 kg/d
prosječni KPK-teret /d	1.464 kg KPK/d (KPK= kemijska potrošnja kisika)

Opterećenje izvan sezone :

Stanovnici	5.500 st.
Prosječna količina vode	1.100 m ³ /d
ili (prosjek)	46 m ³ /h
Količina vode u „špici“:	202 m ³ /h
Prosječni BPK-teret /d	330 kg/d
Prosječni KPK-teret /d	660 kg KPK/d

7.1.2. Potrebno vrijeme zadržavanja i potrebni volumen reaktora

Poželjno vrijeme zadržavanja u sezoni : 8 h

Volumen Soll: $8 \text{ h} / 24 \text{ h} \cdot 2.440 \text{ m}^3/\text{d} = 814 \text{ m}^3$

Volumen je podijeljen na 2 reaktora, svaki s volumenom 407 m^3 .

Matematički dobivene vrijednosti:

Visina reaktora (korisnog volumena):	4,5 m
Površina:	90 m^2
Promjer:	10,7 m

Izabrano:

Broj reaktora	2
Visina reaktora (korisnog volumena):	4,5 m
Površina:	95 m^2
Promjer	11 m
Korisni volumen:	427 m^3
Srednje vrijeme zadržavanja (sezona):	8,4 h
Srednja vertikalna brzina:	
$102 \text{ m}^3/\text{h} / (2 \cdot 95) \text{ m}^2 =$	0,54 m/h

Dobivene vrijednosti za izvan-sezonu

Reaktori u pogonu	1
Srednja količina vode	$1.100 \text{ m}^3/\text{d}$
Srednje vrijeme zadržavanja ("sezona"):	8,8 h
Srednja vertikalna brzina:	
$(1.100 \text{ m}^3/\text{d} / 24 \text{ h/d}) \text{ m}^3/\text{h} / 95 \text{ m}^2 =$	0,48 m/h

7.2. Biološki prokapnici i sekundarno bistrenje

7.2.1. Dimenzioniranje prokapnika

Tereti u dotoku prokapniku:

Polazi se od toga da se u UASB-reaktoru vrši razgradnja BPK oko 70 % .

Stanovnici u glavnoj sezoni	$732 \text{ kg BPK/d} \cdot 0,3 = 220 \text{ kg BPK/d}$
Stanovnici izvan sezone	$330 \text{ kg BPK/d} \cdot 0,3 = 99 \text{ kg BPK/d}$

Specifično prostorno opterećenje uređaja: $0,4 \text{ kg BPK}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$

Potrebni volumen biološkog prokapnika

$V_{\text{volumen,sezona}} = 220 \text{ kg BSB/d} / 0,4 \text{ kg BSB}/\text{m}^3 = 550 \text{ m}^3$

Odabrano:

Broj	1 Reaktor
Visina ispune	4 m
D	14 m
Površina	154 m ²
Volumen:	616 m ³

To znači da biološki prokapnik radi izvan sezone pri prostornom opterećenju od:

$$\text{prostorno opterećenje} = 99 \text{ kg BPK/d} / 616 \text{ m}^3 = 0,16 \text{ kg BPK}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$$

7.2.2. Dimenzioniranje bazena za sekundarno bistrenje

7.2.2.1. Potrebna površina i volumen

Dopušteno punjenje površine $q_A = 1 \text{ m} / \text{h}$

$$A_{NB} = \frac{Q_m}{q_A} \text{ m}^2$$

To znači da je pri dotoku od 335 m³/h (93 l/s) potrebna površina od

$$A_{NB} = \frac{335}{1} = 335 \text{ m}^2$$

D potreban: 21 m

Srednja dubina : $h_{2/3} = 4,5 \text{ m}$

Dobiveni volumen.: $\approx 1500 \text{ m}^3$

7.3. Proizvodnja mulja

7.3.1. UASB Reaktori

Faktor proizvodnje mulja: $Y = 0,14 \text{ kg TR} / \text{Kg CSB}_{\text{aplicable}}$

Masa mulja proizvedena u sezoni:

$$\text{Masa mulja} = 0,14 \text{ kg TR} / \text{Kg KPK}_{\text{primjenjivo}} \cdot 1.464 \text{ kg KPK/d} = 205 \text{ kg TR/d}$$

Masa mulja proizvedena izvan- sezone:

$$\text{Masa mulja} = 0,14 \text{ kg TR} / \text{Kg KPK}_{\text{primjenjivo}} \cdot 660 \text{ kg KPK/d} = 93 \text{ kg TR/d}$$

7.3.2. Proizvodnja mulja u biološkom prokapniku

Proizvodnja mulja : 0,7 kg TR / kg BPK_{razgradnja}

BPK_{razgr.u sezoni} = 0,6 · 220 kg/d = 132 kg TR/d ili proizvodnja mulja 92 kg TR/d

BPK_{razgradnja izvan sezone} = 0,6 · 99 kg/d = 60 kg TR/d ili proizvodnja mulja 42 kg TR/d

Ove čvrste tvari se dovode UASB-reaktoru i tamo se reduciraju na oko 30 % njihove mase.

7.3.3. Ukupna količina proizvedenog mulja

U sezoni: 205 kg TR + 92 kg TR · 0,7 = 270 kg TR/d

Izvan sezone: 93 kg TR + 42 kg TR · 0,7 = 122 kg TR/d

Odvod mulja pri 5 % TR, znači sljedeću količinu mulja:

U sezoni: 270 kg TR/d / (1,4 · 0,05) = 3.857 l mokri mulj /d

Izvan sezone: 122 kg TR/d / (1,4 · 0,05) = 1.742 l mokri mulj /d

Mulj se odvodi svaka 2 tjedna (do 25 % mase koja se nalazi u reaktoru)

Godišnje se proizvede oko 25 % TR nataložene mase mulja:

$(270 \text{ kg TR/d} \cdot 2 \text{ m} + 122 \text{ kg TR/d} \cdot 10 \text{ m}) \cdot 30,5 \text{ d/m} / (1,4 \cdot 0,25) = 154 \text{ m}^3/\text{a}$

8. Obrada mulja

8.1. Potrebe površine za sušenje mulja na poljima za sušenje

Iako u pojedinim ovdje opisanim postupcima proizvodnja mulja i time potrebna površina za sušenje nije jednaka kod svih varijanta će se polaziti od iste potrebne površine za sušenje, jer ovaj faktor troškova nije presudan.

Potrebna površina se izračunava s dopuštenim ispunjenjem površine od

100 kg TR/(m²·a)

Kod različitih ovdje predstavljenih postupaka proizvode se različite količine mulja., što stvara različitu potrebu za poljima za sušenje. Nataložene količine čvrstih tvari i potrebna polja za sušenjem pokazuje sljedeća tablica

Tablica 3: uspoređivanje taloženja čvrstih tvari kod različitih varijanti i potrebne površine polja za sušenje

	Sim. oživlj. Mem.	Prokapnik /Emš.spremnik	Akt./ Emš. spremnik	UASB/ prokapnik
Kg TR/d / sezona (2 mjeseca)	681	634	632	270
Kg TR/d / izvan sezone (10 mjeseci)	307	286	292	122
Kg TR/a	135.176	125.904	127.612	53.680
kg TR/(m ² ·a)	100	100	100	100
Potrebna površina (m ²)	1.352	1.259	1.276	537
Postojeći volumen (h=0,3 m)	406	378	383	161
M2 /1.000 EW	111	103	105	44
Potrebni broj polja za sušenje od 100 m ²	27	25	26	11

Tabelle 4: Dimenzije polja za sušenje

	Jedinica	Dimenzija
Dužina	10	m
Širina	5	m
Površina	50	m ²
Dubina	0,3	m
Volumen	15	m ³

8.2. Dimensioniranje spremnika za mulj

Kod svih ispitanih tipova postrojenja polazilo se od iste veličine spremnika za mulj, u slučaju da on bude potreban. On je konstruiran za vrijeme zadržavanja mulja od 50 dana izvan-sezone. Na isti način se polazi od koncentracije mulja od 5 % TR.

To znači potrebni volumen od

$$300 \text{ kg TR/d} \cdot 50 \text{ d} / (1,4 \text{ kg/l} \cdot 0,05) = 214 \text{ m}^3$$

Predviđen je 1 spremnik za mulj.

Promjer:	7,5 m
Površina :	44,2 m ²
Visina ispuna:	5 m
Volumen:	221 m ³

Dodatak 1 B:

Procjene troškova

Obračun investicijskih troškova različitih tehnoloških rješenja za centralno postrojenje za pročišćavanje otpadnih voda

Taablica 1: Specifični volumeni i površine koje se koriste u obračunima

	primarna /taložnica Emš.prokap	Bazen za oživljavanje	Bazen za sekund.bistr.j	Spremnik za mulj	UASB-reaktor	Biol.prokapnik	Zgrada s pogonom	Polja za sušenje	Površina s membran.	Površina zemljišta
	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m2	m2	m2
Simultano oživljavanje / bazen za sek. bistenje		2446	1206	221			500	1352		10000
Simultano oživljavanje / Membrane		1821	779	221			500	1352	4714	9000
Biol.prokapnik s emšerskim spremnikom	789		1500			1220	500	1259		9000
Oživljavanje s emš.spremnikom	795	503	1200				500	1276		9000
UASB / TK			1500		854	550	500	537		8000

Tablica 2: Specifični troškovi reaktora (korisni volumen) i potrebnih površina

	Primarna /taložnica Emš.prok.	Bazen za oživljavanje	Bazen za sekund.bistr.j	Spremnik za mulj	UASB-reaktor	Biol.prokapnik	Zgrada s pogonom	Polja za sušenje	Površina s membran.	Zemlj. čestica
	Euro/m3	Euro/m3	Euro/m3	Euro/m3	Euro/m3	Euro/m3	Euro/m3	Euro/m2	Euro/m2	Euro/m2
Simultano oživljavanje / bazen za sek. bistenje		545	655	400			500	80		15
Simultano oživljavanje / Membrane		602	963	400			500	80	100	15
Biol.prokapnik s emšerskim spremnikom	600		593			300	500	80		15
Oživljavanje s emš.spremnikom	600	924	656				500	80		15
UASB / TK			593		400	300	500	80		15
		545	655	400			500	80		15

Navedeni specifični troškovi izvedeni su iz EVS-projekata odnosno izračunati pomoću funkcija troškova po Reicherter und Güntherd /i/ s odgovarajućim indeksom inflacije .

Tablica 3: Investicijski troškovi različitih uređaja

	Simultani uređaj za stabilizaciju s bazenom za sek.bistrenj	Simultani uređaji za stabilizaciju s BSB i membran.	Prokapnici s emš.epremnikom	Oživljavanje s emš. spremnikom	UASB-Reaktor s prokaprokapnikom
Rešetke	346.132	346.132	346.132	346.132	346.132
Pijeskolov	313.784	313.784	313.784	313.784	313.784
Emšerski spremnik			473.400	477.000	
Oživljavanje	1.333.676	1.095.669		464.992	
Sekundarno bistrenje	789.407	620.463	890.236	787.241	890.236
Uređaj s membranama		471.400			
Biološki prokapnik			366.000		165.000
USAB reaktor					341.600
Zgrada s pogonom	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000
MSR + E Tehnika	660.000	660.000	660.000	660.000	660.000
vodovi	300.000	300.000	300.000	300.000	300.000
Spremnik za mulj	88.400	88.400			
Polja za sušenje	108.160	108.160	100.720	102.080	42.960
Crpna stanica za povratni mulj	30.000	30.000		30.000	
Ceste; vanjski uređaji, uređivanje.	450.000	450.000	450.000	450.000	450.000
Troškovi za zemljište	150.000	135.000	135.000	135.000	120.000
Iznos troškova za gradnju	4.819.560	4.869.008	4.285.272	4.316.229	3.879.712
Nagrada inženjerima (12,5%)	722.934	730.351	642.791	647.434	581.957
Ukupni troškovi	5.542.494	5.599.359	4.928.063	4.963.663	4.461.669
in %	100	101%	89%	90%	80%

Obračun pogonskih troškova različitih tehničkih rješenja za centralno postrojenje za pročišćavanje otpadnih voda

Tablica 4: Uspoređivanje pogonskih troškova različitih tehničkih rješenja za centralno postrojenje za pročišćavanje otpadnih voda (Euro/a)

	Troškovi za osoblje	Materijalni troškovi	Troškovi energije	Troškovi održavanja	Troškovi za preostale tvari	Iznos
Emšer. spremnik s prokapnikom	36.000	22.260	10.276	47.559	10.800	126.894
Emš. Spremnik s oživljavanjem	36.000	22.260	13.701	47.880	11.100	130.941
Uređaj za simultanu stabilizaciju / sek. bistrenje	36.000	22.260	27.402	61.890	11.580	159.132
Uređaj za simultanu stabilizaciju / Membrane	36.000	22.260	30.827	60.882	11.580	161.549
UASB-Reaktor s prokapnikom	36.000	22.260	10.276	42.701	4.620	115.857

¹ FW. Günthert; E.Reicherter
Investicijski troškovi zbrinjavanja otpadnih voda
Oldenbourg Industrieverlag München, 2001 , ISBN 3-486-26507-5

***Korištenje pročišćenih
otpadnih voda za
navodnjavanje i za potrošnu
vodu***

Sadržaj

1. Općenito.....	3
2. Mikrobiološki rizični faktora i norme glede korištenja otpadnih voda u poljoprivredi ili kao potrošne vode.....	4
2.1. Norme	4
2.2. Općenito o rizičnim faktorima.....	8
2.3. Opterećenje usjeva prilikom navodnjavanja otpadnim vodama.....	11
3. Rizici zbog kemikalija.....	12
3.1. Općenito	12
3.2. Postupak za dobivanje maksimalno dopuštene koncentracije štetnih tvari	16
4. Opće strategije za smanjenje zdravstvenih rizika.....	17
5. Nakupljanje soli i količina adsorpcije natrija	17
5.1. Nakupljanje soli	17
5.2. Kloridi	20
5.3. Količina adsorpcije natrija	20
6. Hranjive tvari u otpadnim vodama i njihovo korištenje.....	21
7. Metode navodnjavanja i količina vode koja je potrebna biljkama.....	23
8. Prikladne mjere za obradu otpadanih voda s ciljem da se koriste za navodnjavanje.....	28
9. Opće preporuke.....	30

1. Općenito

Korištenje nepročišćenih otpadnih voda prakticira se već tisućljećima u mnogim djelovima svijeta. Otpadne vode izljeva iz uređaja za pročišćavanje prvi put su se koristile za poljoprivredno navodnjavanje u SAD-u u državama Virđiniji, Kaliforniji, na Floridi i Koloradu. I u Izraelu se pročišćena voda koristi za navodnjavanje od 1965 .U zemljama sa suhom klimom kao i u mnogim gradovima arapskog svijeta (Tunis, Egipat itd.) je korištenje pročišćenih otpadnih voda u poljoprivredi i danas od velikog značenja. U SAD-u., Meksikui Indiji koriste se i u industrijske svrhe (rashladna voda, voda za borbu protiv požara, čišćenje), u Japanu se koriste za navodnjavanje parkova , javnih vrtova i golf-terena.. Na Srednjem istoku i u Africi oko 87 % potrošene vode se koristi za navodnjavanje.

Procjenjuje se da se u cijelom svijetu 18 % oranica navodnjava s otpadnim vodama i 40% hrane se proizvodi na ovim površinama. Značajni dio vode koja se koristi za navodnjavanje su otpadne vode. Procjenjuje se da se za navodnjavanje koristi 10% svih otpadnih voda i da se najmanje 20 milijuna ha u 50 zemalja i danas navodnjava sa sirovom ili djelomično obrađenom vodom i da jedna destina ili više stanovništva koristi namirnice koje su se proizvele s polja koja se navodnjavaju otpadnim vodama./1/

Tablica 1: Primjeri korištenja otpadnih voda za navodnjavanje /2/

Amerika		Azija	
Meksiko	Žitarice, povrće, stočna hrana , parkovi	Kuvajt	Žitarice, povrće, stočna hrana , voćke
Peru	Povrće, stočna hrana , pamuk	Jordan (indirektno)	Povrće
Čile	Povrće, vino	Izrael	Pamuk
Argentina	Povrće, stočna hrana	Saudijska Arabija	Žitarice, stočna hrana
Sad (Kalifornija)	Žitarice, povrće, stočna hrana	Indija	Žitarice, povrće
Europa		Sjeverna Afrika	
Njemačka	Žitarice, krumpir Stočna hrana	Tunis	Agrumi, stočna hrana
Južna Europa	parkovi	Maroko	Povrće, stočna hrana

U mnogim zemljama u razvoju otpadne vode koje se danas koriste za navodnjavanje ne obrađuju se dovoljno.

Prema procjeniWHO/UNICEF(2000) /3/, stopa otpadnih voda koje su dobro obrađene u Aziji je oko 35%, 14% zemljama Latinske Amerike i Karibima , 90% u Sjevernoj Americi i 66% u Europi.

Druge studije pokatuju još manje vrijednosti.

Otpadne vode se ne koriste samo za navodnjavanje nego i za uzgoj riba i za industriju (na pr. rashladna voda)

U Hrvatskoj nije uobičajeno, korištenje otpadnih voda – pročišćenih ili ne – kao potrošnih voda. To je možda zbog toga , jer je Hrvatska zemlja s velikim količinama vode, ali i zato, jer se otpadne vode do sada nisu pročišćavale. Do sada se davala prednost korištenju pitke vode kao potrošne vode ili čak gradnji postrojenja za desalinizaciju (Ploče)

2. Mikrobiološki faktori rizika i norme glede korištenja otpadnih voda u poljoprivredi ili kao potrošne vode

2.1. Norme

Bitni aspekt je briga radi ugroženosti zdravlja zbog korištenja otpadnih voda. O tome je Svjetska zdravstvena organizacija (WHO/OMS) godine 1973. prvi put objavila :

"Reuso de efluentes: Métodos de tratamiento de aguas residuales y su seguridad para la salud" (Serie de reportes Técnicos de la OMS No. 517, 1973).

Ova direktiva je napisana godine 1989. na temelju rezultata kongresa eksperata u Švicarskoj. Bitni sadržaji ove directive su sažeti u sljedećoj tablici.

Tablica 2: WHO guidelines for the use of treated wastewater in agriculture (1989) /4/

Grupa	Polja na kojima se koriste otpadne vode	Ugrožene osobe	Crijevni paraziti (jajašca gliste) (aritmetička sredina, broj jajašca u litri)	Fekalne bakterije (aritmetička sredina, broj jajašca u litri)	Potrebna obrada za zadržavanje uvjeta
A	Navodnjavanje usjeva, koji se također mogu jesti sirovi, igrališta, javni parkovi	Radnici, potrošači, javnost	≤ 1	≤ 1000	Bazeni spojeni u niz ili postupci pročišćavanja iste vrijednosti
B	Navodnjavanje žitarica, stočne hrane, pašnjaka i drveća	Radnici	≤ 1	Nema preporuke	Bazeni svremenom zadržavanja od 8 do 10 dana ili postupci iste vrijednosti za eliminaciju jajašca glista i fekalnih bakterija
C	Navodnjavanje površina iz grupe B u slučaju sigurnog izbjegavanja kontakta radnika i javnosti	nitko	Nije primjenjivo	Nije primjenjivo	Prethodna obrada u ovisnosti sustava za navodnjavanje, barem u jednom bazenu za taloženje

Ova WHO-direktiva temelji se na mnogobrojnim epidemiološkim studijama. Bitni rezultat ovih studija je bio da upotreba neobrađenih otpadnih voda u poljoprivredi predstavlja stvarnu opasnost zbog prenošenja crijevnih končastih glista i bakterijskih infekcija naročito za potrošače i poljoprivrednike. Tada nije moglo biti jasno dokazano da su i ljudi koji žive blizu navodnjenih površina ugroženi

Jedna studija Shuvala & al. /5/ pokazuje, da je rizik korištenja pročišćenih otpadnih voda bitno manji.

Na primjer US-EPA (USA) za zemlje koje nemaju vlastite direktive, „Guidelines for agricultural reuse of wastewater“ godine 1992 su razrađene/6/. Kao što tablica 3 pokazuje tu se mogu naći mnogo strože vrijednosti.

U Kaliforniji i Arizoni, na primjer, za navodnjavanje površina koje služe za sadnju voća, koje je predviđeno kao sirova prehrana, zadane su granične vrijednosti od 2.2 FC/100u prosjeku i nijedan uzorak ne smije pokazivati više od 23-25 FC/100 ml/7/. U Izraelu su zadane granične vrijednosti od 12 FC/100 ml za navodnjavanje površina koje služe za sadnju voća, koje je predviđeno kao sirova prehrana. Vrijednost se ne smije prijeći u 80% svih uzoraka, a kod barem 50% svih uzoraka ne smije se prijeći vrijednost od 2,2 FC/100 ml /7 /.

Godine 2002. predstavljena je nova studija (Blumental & Peasey /8/), koja kao temelj ima opsežne procjene rizika i postavlja nova mjerila. Bitne spoznaje iz ove studije prikazane su u tablici 3.

Tablica 3: Rizici po zdravlje (Temelj /8/modificiran)

Grupa	Nematodo infekcije	Bakterije/virusi	Protozoe
Potrošač	Značajni rizici od infekcije uzrokovane ascarisom kako za djecu tako i za odrasle pri korištenju neobrađene otpadne vode Korištenjem (pročišćenih) otpadnih voda s manje od 1jajašcem/l obično nema rizika, samo kod optimalnih rubnih uvjeta za preživljavanje	Rizici se vide kod neobrađenih otpadnih voda kao i otpadnih voda s koncentracijom od 10 4FC/100 ml	Nema jasnih dokaza o prenošenju bolesti
Radnici i njihove obitelji	Značajni rizici s obzirom na infekcije uzrokovane ascarisom kako za djecu tako i za odrasle korištenjem neobrađenih otpadnih voda. Korištenjem (pročišćenih) otpadnih voda s manje od 1jajašcem/l i dalje postoje rizici, posebno za djecu. Dalje postoje veliki rizici glede kukičaste gliste (hookworm)	Rizici se vide kod neobrađenih otpadnih voda kao i otpadnih voda s koncentracijom od 10 ⁴ FC/100ml; povećan rizik za djecu s obzirom na infekcije sa salmonelom; povećan rizik infekcije za odrasle s virusom noro pri korištenju djelomično obrađenih otpadnih voda.	Postoji rizik za infekciju crijeva kako pri korištenju neobrađenih otpadnih voda tako i pri korištenju obrađenih otpadnih voda
Stanovnici u blizini	Nema istraživanja koji se odnose na rizike korištenja uređaja za rasprskavanje vode; kod drugih načina navodnjavanja i mogućnošću kontakta stanovnika u blizini s otpadnim vodama važi isto kao i za radnike	Prilikom navodnjavanja s uređajem za rasprskavanje vode i otpadnim vodama s visokim FC-koncentracijama (10 8FC/100ml) utvrđene su virusne infekcije; pri koncentracijama ispod 10 4 FC/100ml to nije bio slučaj	Nema istraživanja što se tiče rizika prilikom korištenja uređaja za rasprskavanje vode

Blumenthalova najnovija epidemiološka istraživanja pokazuju, da su posebno ugrožena mala djeca, što ima za posljedicu, da se raspravljao o reviziji WHO-Guideline s ciljem da se prilikom navodnjavanja bez restrikcija smanji broj prihvatljivih jajašca gliste od 1 na 0,1 po litri

Isto tako trebala bi se prema ovoj studiji granična vrijednost za fekalne bakterije (<1000 FC/100 ml) proširiti, to znači prenijeti i na druga područja primjene.

Zanimljivo je također vrijeme preživljavanja uzročnika bolesti i klica u različitim medijima . To se vidi u tablici 4. Jasno je da virusi pokazuju posebno dugo vrijeme preživljavanja i to u svim medijima. Isto važi za protozoe u slatkoj vodi.

Tabelica 4: vrijeme preživljavanja uzročnika bolesti i klica (/9/UNICEF-WSSCC-WHO, 2000; Carr, 2002 . citirano u /10/)

Organizmi	Vrijeme preživljavanja uzročnika bolesti i klica			
	Slatka voda	Slana voda	Tlo	Usjevi
Virusi	11-304	11-871	6-180	0,4-25
Salmonele	<10	<10	15-100	5-50
Kolera	30	+285	<20	<5
Fekalne klice	<10	<6	<100	<50
Protozoe	176	1	75	n.d.
Jajašca ascarisa	1.5 *	2*	1-2	<60
Trakavica	63 *	168*	7 mjeseci	<60

n.d. = nema ih;

**ne prenosi se često*

Mora se napomenuti da u svijetu nema konsensusa glede povoljnih graničnih vrijednosti. Iako su directive WHO-a usmjeravajuće, mnoge zemlje , posebno one s boljim ekonomskim rubnim uvjetima stvaraju svoje direktive s djelomično strožim vrijednostima.

Zato je WHO zadnjih godina počeo zauzimati fleksibilniji stav i odricati se strogih graničnih vrijednosti, koje važe za sve zemlje svijeta. Moralo se utvrditi da se u siromašnijim zemljama u pravilu slabo čuju upozorenja o navodnjavanju s nepročišćenom otpadnom vodom ili nedovoljno pročišćenom. Zato se prešlo na pravljenje prijedloga, koji su bili prikladni da se i kod nedovoljne obrade otpadnih voda smanje rizici njene upotrebe/1/ (Vidi također pogl. 4).

2.2. Općenito glede razmatranje rizika

Rizik po zdravlje, koji uzrokuju uzročnici bolesti u otpadnim vodama može se procijeniti tako što se provodi kvantitativna procjena rizika (tablica 5), Pri analizi postupilo se na sljedeći način:

- Identificiranje mogućih šteta (HI)
- Vrednovanje / procjena intenziteta izlaganja; kontakti intenzitet (EA)
- Analiza opsega šteta pri odgovarajućoj dozi (DRA)
- Procjena rizika (RC)

Ovaj način procjene rizika (QMRA) daje tehniku za procjenu opasnosti, koje proizlaze od specifičnog uzročnika bolesti kojemu su grupe ljudi izložene u različitom opsegu. QMRA je osjetljiva alatka za procjenu opasnosti koje se teško mogu mjeriti i prema tome predstavlja korisnu dopunu epidemiološkim istraživanjima i teže je provesti. Ipak QMRA je samo utoliko dobra, ukoliko su dobri podaci koji ulaze u analizu kao i pretpostavke koje predstavljaju temelj. Temelj je pri tom procjena koncentracije koli bakterija kao indikatorskih organizama.

U načelu je ovaj postupak prikladan za određivanje rizika od kemijskih tvari.

Korištenje pročišćenih otpadnih voda(ili pitke vode) je uvijek povezano s rizikom. Potrebno je samo odgovoriti na pitanje koji se rizik može prihvatiti.

Rizik koji se može tolerirati određuje društvo i orijentira se na korištenje primjene te tvari i uspoređuje se s drugim životnim rizicima.

WHO je rizik koji se može tolerirati za bolesti koje su posljedica korištenja vode definirao kao $1 \cdot 10^{-6}$ godišnje /11/. Pri tom uzrok bolesti može biti neka kemijska supstanca, ali i bakterije, virusi, jajašca gljive itd. Prihvaćeni rizik za laganu mučninu označava se s 10^{-3} puta godišnje (ili 1 put u 10 godina života). /12/.

Prihvaćeni rizik oboljenja od raka označava se s 10^{-5} za vrijeme trajanja života (1 slučaj raka na 100.100 osoba za vrijeme trajanja života)/13/ U trećem izdanju "WHO Guidelines for Drinking Water Quality"/11/ mogu se vidjeti prihvaćeni rizici u pojedinostima..

Prilikom utvrđivanja prihvatljivih rizika trebaju se promatrati ciljane grupe. Tako je iz istraživanja poznato da djeca u zemljama trećeg svijeta boluju od infekcija crijeva 4 puta više nego jedna osoba u SAD-u (pri čemu su ovdje zastupljene sve grupe /starost/država /14/15/.

Tablica 5: temeljni podaci za procjenu rizika (Temelj /8 / modificiran

Izvor podataka	Opća načela	Specifično razmatranje otpadnih voda
Epidemiološke studije	Pronalaženje opsega oboljenja kod različitih grupa ljudi koji su izloženi različitim ekspozicijama, na pr. jedna grupa koja otpadne vode koristi za navodnjavanje i grupa koja to ne čini. Pri inače istim rubnim vrijednostima razlika u oboljenjima potječe od korištenje otpadnih voda.	Određivanja mehanizama prenošenja bolesti koje su povezane korištenjem otpadnih voda (crijevne bolesti, gastritis, bolesti uzrokovane glistama, virusne infekcije itd.) Određivanje rizika kojemu su izložene grupe koje u tome sudjeluju (potrošači, radnici, stanovnici u blizini)
Mikrobiološke studije	Studije za ustanovljavanje patogenih klica i njihovu sposobnost preživljavanja. One služe za procjenu prisutnosti ili neprisutnosti klica.	Određivanje patoloških klica u otpadnim vodama, određivanje njihove sposobnosti preživljavanja na poljima i na usjevima
Procjena rizika (QMRA)	Procjena rizika se može upotrijebiti kao dopuna drugih studija. Oni određuju rizik prijenosa bolesti pri određenim rubnim vrijednostima. Ove studije puno govore, ali zahtijevaju realne ulazne parametre.	
	Prepoznavanje moguće štete/H/ Određivanje stupnja štetnih tvari ili klica. Određivanje broja klica vrši se obično preko indikatorskih organizama	Određivanje bolesti koje potječu od korištenja otpadnih voda, je li to jedenje plodova, inhalacija aerosoli ili jedenje mesa stoke koja se hranila ovim biljkama
	Intenzitet kontakta(EA) Procjena vremenskog razmaka u kojemu je neka osoba izložena štetnim tvarima ili patogenim klicama	Na temelju određenog broja klica u sirovoj otpadnoj vodi vrednovanjem tehnologija pročišćavanja i vjerojatnosti preživljavanja patogenih bakterija saznaje se otkrivano opterećenje .
	Količina o kojoj ovisi vjerojatnost oštećenja(DRA) Određivanje količine štetnih tvari (broj klica) koje za posljedicu imaju oštećenje, vrši se u pravilu kroz niz pokusa na dobrovoljcima. Ovisi o škodljivosti klica i imunološkom sustavu stanovništva	Za infekciju jajašcima gliste , protozoama i virusima uvijek je potreban manji broj (1-100) nego kod zaraze bakterijama (1.000-1.000.000)
	Procjena rizika (RC) S obzirom na podatke dobivene preko EA i DAR obračunava se "vjerojatnost nastajanja štete", koja se dovodi u odnos s prihvaćenim rizikom	Navodnjavanje s otpadnim vodama za posljedicu ima određeno opterećenje klicama . U kojoj mjeri se zbog toga može očekivati neka bolest ovisi o broju klica u plodovima s polja, o količini koju je pojedinac pojeo i o učestalosti konzumiranja te hrane.

)

Shuval (1996) je procijenio rizik po zdravlje kako slijedi:

Rizik koji je prihvatila WHO glede konzumiranja pitke vode povezan s bolestima:

10 -4 godišnje

Rizik prilikom konzumiranja salate, koja je polijevana s neobrađenom vodom (10^{-7} FC /100 ml):

Rizik od hepatitisa A 10^{-2} godišnje

Rizik koji se odnosi na konzumiranje salate koja je polijevana otpadnim vodama, koje odgovaraju zahtjevima direktiva WHO /4 / : (1000 FC/ 100 ml):

Rizik od hepatitisa A 10^{-6} do 10^{-7} godišnje

Rizik infekcijom rotavirusom 10^{-5} do 10^{-6} godišnje

Suprotno mišljenje pokazuje da je rizik od oboljenja zbog primjene dobro pročišćenih otpadnih voda znatno manji nego rizik od oboljenja pri konzumiranju pitke vode. Pri razmatranju ovih rizika ne smije se zaboraviti da rezultati pokazuju prosječne vrijednosti.

Hoće li se čovjek u kontaktu s kontaminiranim živežnim namirnicama razboljeti, ovisi o mnogim faktorima:

- Imunološki sustav (naravno ili ojačan lijekovima)
- Stanje prehrane
- Opće zdravstveno stanje

To pokazuje istraživanje CEPIS/OPS /28/. U ovoj studiji su ispitivane različite grupe ljudi koji primili različiti broj salmonele. Rezultati prikazani u 6 pokazuju da s rastućim brojem salmonela raste i rizik oboljevanja, ali i nakon primanja 10 salmonela nisu se svi sudionici razboljeli.

Tablica 6: : Rizik od oboljenja prilikom primanja različitog broja salmonella /25/

Primljene salmonele	Pregledane osobe	Od toga je oboljelo	Postotak
10	42	40	95%
7	32	16	50%
3	14	0	0%

2.3. Opterećenost usjeva pri navodnjavanju s otpadnim vodama

Studija o opterećenosti usjeva sa štetnim tvarima prilikom navodnjavanja otpadnim vodama s različitim stupnjem čistoće provedeno je u Limi, Peru. Pri tom je procijenjen rizik za potrošače koji od toga nastaje/25/. Iz toga su se mogli izvući sljedeći zaključci:

- a. Vjerojatnost da su usjevi opterećeni klicama ovisi direktno o koncentraciji klica u vodi, koja se koristi za navodnjavanje.
- b. Da bi se proizveli poljoprivredni proizvodi koji ne predstavljaju rizik, voda koja se upotrebljava za navodnjavanje ne smije sadržavati više od 85 klica/100 ml.
- c. Da bi se utvrdilo da proizvodi (povrće koje se jede sirovo) nisu zagađeni salmonelom, voda ne smije sadržavati više od 10.000 FC/100 ml. To odgovara broju od oko 1 salmonele / 100 ml (ICMSF/16/).
- d. kakvoća vode nije jedini factor koji određuje zagađenost usjeva. Prilikom ispitivanja u Limi utvrđeno je da samo 48 % bakterije E. Coli potječe iz vode koja je korištena za navodnjavanje. Treba uzeti u obzir kakve infrastrukturne mjere postoje u tom području (kanalizacija, pročišćavanje otpadnih voda), kakve higijenske mjere sprovode radnici na poljima, kako se upravlja poljima i kako se vrši žetva.

- e. Utvrđeno je također da je broj klica u vremenu između žetve i prodaje (na tržnicama) narastao. Ovo se pripisuje nedostatnoj higijeni odnosno korištenju vode s klicama za čišćenje plodova i za održavanje svježim.
- f. Ispitivanja također pokazuju, da tla koja se pretežno sastoje od gline utječu povoljno na razvoj i vrijeme preživljavanja jajašca glista.
- g. Produženje vremenskog razmaka između zadnjeg navodnjavanja i žetve djeluje povoljno na smanjenje broja klica.
- Konačno mora uslijediti procjena usjeva s klicama prilikom korištenja otpadnih voda određene kakvoće na temelju računa vjerojatnosti (razmatranje rizika).

3. Rizici zbog kemikalija

3.1. Općenito

U mnogim zemljama se industrijske otpadne vode često miješaju s gradskim otpadnim vodama koje se koriste za navodnjavanje. Industrijski otpaci mogu sadržavati otrovne organske i anorganske kemikalije, koje onda primaju žitarice. Rizicima po zdravlje zbog kemikalija u otpadnim vodama mora se danas posvetiti velika pažnja. Teško je procijeniti djelovanje otrovnih kemikalija u otpadnim vodama koje se koriste za navodnjavanje.

Teški metali u otpadnim vodama predstavljaju rizik po zdravlje. Na primjer u Japanu, Kini i Tajvanu su u riži utvrđene velike koncentracije kadmija (i drugih teških metala) . U Japanu se pojavila Itai-Itai bolest – poremećaj u kostima i bubrezima –povezana s kroničnim otrovanjem kadmijem u područjima gdje su se polja riže navodnjavala vodom iz prljave rijeke Jinzu.

Orijentacione vrijednosti za zaštitu tla mogu se u Njemačkoj naći u važećoj Odredbi za zaštitu tla /17/. Kad u otpadnim vodama nema jakih upliva industrijskih voda, onda se u pravilu ne treba plašiti zagađivanja tla zbog industrijskih voda. Dakle rizici ove vrste sigurno neće postojati pri korištenju otpadnih voda otoka Korčule.

Kemikalije, koje se donose s navodnjavanjem ne dovode samo do oboljenja korisnika već mogu negativno utjecati na rast biljaka i time na prinos.

Tablica 7: Granične vrijednosti za različite tvari, pri manjim koncentracijama ne trebaju se očekivati problemi. (/18/ modificirano)

Tvar	Granična vrijednost	Primjedba
Aluminij	5,0	Može dovesti do smanjenja produktivnosti u kiselim tlima (pH < 5.5), ali kod alkalnih tala pri pH > 7.0 gubi se ion i više nema rizika
Arsen	0,1	Postoji veliki raspon od 0,05 do 12mg/l ovisno o vrsti biljke
Berilij	0,1	Granična vrijednost pri kojoj mogu nastupiti problemi jako varira od biljke do biljke, od 5mg/l za kupus do 0,5 mg/l za grah.
Bor	0,75	Važan element u tragovima. Biljke reagiraju osjetljivo pri velikim koncentracijama (jabuke pri konc. >0,5mg/l, šećerna repa >4 mg/l)
Kadmij	0,01	Otrovan za grah i ciklu pri niskim koncentracijama od 0,1mg/l. Stroge granične vrijednosti su napravljene na temelju činjenice da se količina kadmija povećava u biljkama i ljudskom tkivu.
Krom	0,1	Ovdje se ne radi o elementu koji je potreban za rast biljaka. Zadana granična vrijednost je konzervativno odabrana budući da su znanja što se tiče štetnih djelovanja ovog elementa ograničena.
Kobalt	0,05	Za rajčice oko 0,1 mg/l otrovan. Na neutralnoj i alkalnoj zemlji u pravilu nema opasnosti.
Baker	0,2	Toksično za mnoge biljke u okviru od 0,1 do 1,0mg/l
Fluor	1,0	Nema problema na neutralnom ili alkalnom tlu.
Željezo	5,0	Obično bez problema
Olovo	5,0	Pri visokim koncentracijama može spriječiti rast stanica
Litij	2,5	Za većinu plodova je problematičan pri koncentraciji oko 5mg/l. Agrumi mogu pokazati oštećenost već pri konc. Od 0,075 mg/l. Ponaša se slično kao bor.
Mangan	0,2	Toksičan za mnoge biljke pri koncentraciji od nekoliko desetina mg/l ili maloj količini mg/l ali pretežno u kiselom tlu.
Molibden	0,01	Pri uobičajenim koncentracijama u vodi ili tlu nije otrovan za biljke. Stočna hrana koja je u fazi rasta primila mnogo molibdena može dovesti do problema kod životinja.
Nikal	0,2	Za mnoge biljke koncentracije veće od 0,5 mg/l su otrovne : manje su otrovne u tlima s pH vrijednosti >7.
Selen	0,02	Otrovno za biljke pri koncentraciji od oko 0,025 mg/l i toksično za životinje, ako se stočna hrana razvijala u tlu koje je primilo mnogo selena.
Vanadij	0,1	Pri relativno visokim koncentracijama djeluje otrovno na mnoge biljke.
cink	2,0	Na mnoge biljke djeluje otrovno u velikom rasponu koncentracija. U fino strukturiranom tlu s velikim organskim udjelom i pH vrijednostima >6 manje problematično

Granične vrijednosti za kemijski parameter, koji se može naći u Meksiku pokazuje tablica 8,

Tablica 8: Kemijski parametri, granične vrijednosti za Meksiko /19/

Parametar	Upotreba vode za navodnjavanje u poljoprivredi (mg/l)	
	Srednja vrijednost mjesec	Srednja vrijednost dan
Arsen	0,2	0,4
Kadmij	0,05	0,1
Zijanid	20	30
Baker	4	60
Krom	0,5	1,0
Živa	0,005	0,01
Nikal	2	4
Olovo	5	10
Cink	10	20

Ostale veličine kemijskih utjecaja, koje mogu ograničiti upotrebu otpadnih voda za navodnjavanje pokazuje tablica 9.

Tablica 9: veličine kemijskih utjecaja na upotrebu otpadnih voda za navodnjavanje (Temelj /20/ modificirano)

Parametar	Mjerna veličina	Djelovanje
Čvrste tvari	Suspendirane tvari	Suspendirane tvari adsorbiraju teške metale. Suspendirane tvari štite klice od sredstava za dezinfekciju. Velike koncentracije suspendiranih tvari mogu dovesti do začepjenja u sustavu vodova
Organske tvari	BPK, KPK, TOC	Estetski problemi. Organske tvari djeluju loše na dezinfekciju. One mogu vodu učiniti neupotreblijivom za neke industrijske načine korištenja
Hranjive tvari	Dušik, fosfor, kalij	Ovdje se radi hranjivim tvarima koje u izvjesnim koncentracijama utječu povoljno na korištenje vode. Ali ako one dospiju u podzemnu vodu mogu nastati negativna djelovanja, pri velikoj koncentraciji dušika može u podzemnim vodama doći do povećanja količine nitrata
Toksične organske tvari	Pesticide, klorirani ugljikovodik	Ove tvari su otrovne za okolinu i teško razgradljive. Oni mogu otpadne vode učiniti neupotreblijivim za navodnjavanje.
Koncentracija H ⁺ -ioni	pH	pH vrijednost utječe na dezinfekciju i process flokulacije. Ona djeluje na alkalitet i otopivost teških metala.
Teški metali	Posebni elementi (Cd, Zn, Ni, Cu, Cr, Pb i Hg)	Neki od ovih teških metala su otrovni i povećavaju količinu u biljkama i životinjskom tkivu.
Anorganske tvari	Posebni elementi / Na, Ca, Mg, Cl, B,) električna specifična vodljivost	Veliki sadržaj soli može žetvu učiniti neupotreblijivom. Isto tako može doći do nepoželjne nepropustljivosti tla zbog velike el. specifične vodljivosti i velikih konc. natrija
Klor	Slobodni klor	Velika konc. slobodnog klora (>0,05 mg/l) može negativno utjecati na rast nekih biljaka.

3.2. Postupak za dobivanje maksimalno dopuštene koncentracije štetnih tvari

Osnova ovog postupka je bilanciranje štetnih tvari koje su raširene u živežnim namirnicama jednog referentnog područja kao i procjena primljenih štetnih tvari od pojedinih osoba/21/. *IDA* je maksimalno zastupljena doza neke toksične supstance koju pojedinac može dnevno primiti. Ona se izračunava prema sljedećoj jednadžbi:

$$(1) \quad I D A_t = \alpha_1 \cdot I D A_{t1} + \alpha_2 \cdot I D A_{t2} + \alpha_3 \cdot I D A_{t3}$$

s:

α_1 udjelom količine štetnih tvari, primljenih preko vode,

α_2 primljenih preko zraka i

α_3 živežnih namirnica

Maksimalna koncentracija štetnih tvari (g/m³) proizlazi iz sljedeće formule:

$$(2) \quad C_1 = \frac{I D A_1 \cdot \alpha_3 \cdot z \cdot P C}{Q \cdot f}$$

$\alpha_3 z$ – je pri tom udio štetnih tvari, koje su primljene preko živežnih namirnica, koje se proizvode u jednom referentnom području.

f - je faktor ,koji koji uzima u obzir udio štetnih tvari koje se izgube na putu proizvodnje (od kanalizacije do konačnog proizvoda).

PC – opisuje broj stanovnika referentnog područja koje konzumira plodove., vrijednost se izračunava kao kvocijent s proizvedene količine živežnih namirnica i produkta dana s potrošnjom prosječno konzumiranom količinom.

$$(3) \quad P C = \frac{\text{Proizvodnja u referentnom području (kg)}}{\text{Dani potrošnje} \cdot \text{potrošnja/po stanovniku (kg/(st. \cdot \text{dani}))}$$

Referentne vrijednosti pojedinih štetnih tvari mogu se dobiti kod CEPIS/Lima /21/ .

4. Opće strategije za smanjenje rizika po zdravlje

Strategija za zaštitu zdravlja stanovništva može biti u tome, da se predvidi višestruka “brana”, koja bi spriječavala prenošenje uzročnika (otpadne vode, žitarice, tlo).

Uzročnici bolesti kod ljudi ne predstavljaju rizik po zdravlje ako se mogu poduzeti učinkovite mjere za zaštitu zdravlja. Ove mjere moraju spriječiti da uzročnici bolesti dođu do radnika ili žitarica ili da uzročnici bolesti na žitaricama štete potrošaču.

Mjere koje mogu zaštititi zdravlje mogu se podijeliti u pet kategorija:

- Obrada smeća
- Ograničenje usjeva koji su za prehranu
- Optimirana tehnologija navodnjavanja
- Kontrola uzlaganja pojedinca
- Terapija lijekovima i zaštitno cijepljenje.

Često je prikladna kombinacija nekoliko metoda. Na pr. ograničenje dovoza žitarica može biti dovoljno ili povoljno da zaštiti potrošača, ali to će se morati dopuniti dodatnim mjerama da bi se zaštitilo radnike u poljoprivredi.

Ponekad može biti dovoljna obrada s manje visokim standardom, ako se to kombinira s drugim metodama. Smislenost i učinkovitost mogućih kombinacija ovise o mnogim faktorima koji se prije konačne odluke moraju pažljivo analizirati.

5. Salinizacija i količina adsorpcije natrija

5.1. Salinizacija

Navodnjavanje s otpadnim vodama nema smisla ako nakon kratkog vremena tlo više ne propušta takvo navodnjavanje ili dovedene tvari imaju za posljedicu smanjenje proizvodnje.

Tako nakupljanje soli može biti opasnost za dugoročno korištenje tla. Prevelik sadržaj soli može negativno djelovati na kvalitetu usjeva i dovesti do smanjenja prinosa.

Kućanske otpadne vode obično sadržavaju soli u rasponu od 150 do 400 mg/l, koje se prilikom pročišćavanja otpadnih voda ne mijenjaju. Dovod soli pri navodnjavanju s otpadnim vodama je vrijedan pažnje. Polazeći od sadržaja soli od oko 0,4 g/l i dodatku vode po jedinici površine od 7.000 m³/(ha·a), to odgovara godišnjoj količini dovedene soli od 2.800 kg/(ha·a).

Pri istraživanjima u regiji Valencija /22/ ispitane su granične vrijednosti sadržaja soli izražene kao specifična vodljivost za različite biljke.

Pri tome su navedene granične vrijednosti poslije kojih se može utvrditi smanjenje uroda, ali i vrijednosti iz kojih se može procijeniti smanjenje uroda u postotcima % pri povećanju sadržaja soli za jednu jedinicu (izraženo u dS/m).

Sasvim općenito se može utvrditi da problemi mogu nastati, kada je specifična vodljivost prešla vrijednost od 2 dS/m . Ova specifična vodljivost odgovara otprilike 1,3 g/l soli. Vrijednosti specifične vodljivosti veće od 3 dS/m (odgovara 2 g/l soli) u većini slučajeva pretpostavljaju značajno smanjenje uroda (usporedi tablicu 10).

Sadržaj soli kućanskih otpadnih voda jako varira, općenito se mogu očekivati vrijednosti specifične vodljivosti u području od 2 do 4 dS/m. Ako se otpadne vode u ovim slučajevima ne razrijeđe dodavanjem svježije vode ili oborinske vode problemi se ne mogu isključiti.

Tablica 10: Granične vrijednosti za smanjenje proizvodnje zbog specifične vodljivosti I procijenjeno smanjenje proizvodnje

	Granične vrijednosti specifične vodljivosti za smanjenje proizvodnje (dS/m)	Smanjenje proizvodnje u postocima po dS/m %
Tolerantne biljke		
Palme (datulje)	2,7	5,4
Manje tolerantne biljke		
Artičoki, tikvice, stablo smokve		
Tikvice	3,1	14
Stablo smokve		
Masline		
Šipci		
Osjetljive biljke		
Kukuruz	1,1	18
Kikiriki	2,1	44
Riža	2,0	18
Suncokret		
Lucerna	1,3	11
Brokula	1,9	14
Kelj	1,2	15
Cvjetača		
Celer	1,2	9,3
Krastavci	1,7	19
Melancane	0,7	10
Glavata salata	0,9	19
Paprika	1,0	21
Krumpir	1,1	18
Hren	0,8	19
Rajčice	1,7	15
Lubenica		
Čokot vinove loze	1,0	14
Vrlo osjetljive biljke		
Grah	0,7	28
Repa	0,7	21
Luk	0,8	24
Jagode	0,7	50
Badem	1,0	28
Jabuke		
Kajsije		
Naranče	1,1	24
Limuni		
Mandarine		
Breskve	1,1	31
Kruške		
Kaki		
Šljive	1,0	27

5.2. Kloridi

Povećane koncentracije klorida u otpadnim vodama mogu dovesti do toksičnih pojava. Upravo su usjevi osjetljivi na kloride.

Općenito su otpadne vode sa sadržajem klorida ispod 140 mg/l glede toga neproblematične. Pri koncentracijama između 140 i 350 mg/l mogu nastati prvi problemi, a koncentracije veće od 350 mg/l sa sobom donose teže probleme.

U slučaju da biljka ima u sebi količinu klorida veću od 0,5 do 1,0 % (odnosi se na suhu težinu) onda se tu radi o toksičnom djelovanju.

Prethodno spomenute vrijednosti služe za orijentaciju. U slučaju dovoda svježe vode ili oborinske vode dolazi do razrjeđenja i smanjenja štetnog djelovanja. U slučaju korištenja uređaja za prskanje sadržaj klorida se može ograničiti na 100 mg/l

5.3. Količina adsorpcije natrija

Natrij može imati štetno djelovanje na propusnost tla, prije svega kad natrij, kalcij i magnezij stoje u određenom odnosu i SAR vrijednost je visoka. (usporedi jednadžbu (4))

$$(4) \text{ SAR} = \frac{\text{Na}}{\sqrt{\frac{1}{2} \cdot (\text{Ca} + \text{Mg})}}$$

s

Na – mg/l · 0,044

Ca – mg/l · 0.050

Mg – mg/l · 0.082

Ovo loše djelovanje se vidi u tome što se ioni natrija talože i mogu učvrstiti tlo.

Ukoliko je vrijednost jednadžbe (4) u vezi s vrijednosti specifične provodljivosti zahtjeve iz tablice 56 ispunjava (bijelo područje) ne trebaju se očekivati negativna djelovanja /23/.

Slika 1: Rizici oštećenja zbog salinizacije povezani s količinom adsorpcije natrija. (/23/modificirano)

6. Hranjive tvari u otpadnim vodama i njihovo korištenje

Dovod hranjivih tvari koje sadrže otpadne vode, naročito dušik može biti razlog odluke za navodnjavanje s otpadnim vodama. Ali prevelik dovod dušika može imati negativni utjecaj na prinos (posebno na krumpir, repu, pamuk, breskve, kajsije, jabuke i vino)/7/.

Polazeći od toga da otpadne vode pokazuju koncentraciju dušika od 20 do 40 mg/l,

Pri dovodu vode od 5.000 m³/(ha·a) nastaje dušično gnojenje od 100 do 200 kg/(ha·a). S ovom količinom može se u pravilu potpuno pokriti potreba za dušikom kod većine biljaka.

Problem mogu predstavljati oni periodi potrebe za vodom i dušikom koji su u pravilu različiti. Većina biljaka ima malu potrebu za dušikom poslije faze sjetve, dok za vrijeme rasta trebaju više dušika, a u fazi prije žetve potrebno im je opet manje dušika. Potreba za vodom kod biljaka je naročito velika, kada su biljke narasle (prije branja). Dodavanjem otpadnih voda, koje se upravljaju prema potrebama biljke, višak dušika koji se može utvrditi, a koji biljke više ne uzimaju, može dovesti do ispiranja i do zagađenja podzemnih voda.

Dovod fosfora je znatno manji nego dušika (oko ¼ količine dušika), ali nije nevažan, jer dotok fosfora pomaže smanjiti količinu umjetnog gnojiva (P).

S obrađenom vodom jedne osobe moguće je navodniti 15 do 35 m³ oranice, pod pretpostavkom da je prilikom obrade otpadnih voda uklonjena neznatna količina hranjivih tvari (N=50 mg/l, P=10 mg/l, K=30 mg/l) - , s ovom otpadnom vodom se tlu može dovesti sav potrebni dušik i veliki dio potrebnog fosfora i kalija./10/

Sadržaj hranjivih tvari u mokraći i fekalijama i potrebnu količinu hranjivih tvari za proizvodnju žitarica pokazuje tablica 11.

Tablica 11: Sadržaj hranjivih tvari i potrebna količina hranjivih tvari za proizvodnju žitarica poka

Hranjive tvari	Mokraća 500 l/a	Fekalije 50 l/a	Ukupno	Potrebno za proizvodnju 250kg žitarica godišnje
	Količina po osobi	Količina po osobi		
	Kg/a			
Dušik	4,0	0,5	4,5	5,6
Fosfor	0,4	0,2	0,6	0,7
Kalij	0,9	0,2	1,2	1,2

O odnosu na povećanje uroda prilikom korištenja različitih otpadnih voda (o otpadnim vodama se u literaturi mogu naći različiti podaci). Mara /23 / spominje vrijednosti na temelju istraživanja u Indiji, kako je prikazano na slici 2. Prema tim istraživanjima razlike u prinosu nisu ekstremno velike.

Slika 2: Proizvedeni usjevi u ovisnosti o vrsti navodnjavanja (/23/ modificirano)

Saénz /25 /spominje druge vrijednosti. Njegovi rezultati se temelje na istraživanjima u Peruu i Meksiku. Prema njima je korištenje otpadnih voda (sirove i pročišćene) u pravilu povezano s znatnim povećanjem uroda.

Utoliko se čini očitim da struktura tla i klima i rubni uvjeti upravljanja imaju odlučujući utjecaj na mogući opseg povećanja proizvodnje.

7. Metode navodnjavanja i potreba za vodom kod biljaka

Kad otpadne vode otječu ,od posebnog je značaja izbor pogodnog sustava za navodnjavanje. Tako se, što se tiče općih kriterija za odlučivanje prilikom navodnjavanja čistom vodom, odgovara na pitanje koji sustav najbolje štiti poljoprivrednike i proizvođače od bolesti odnosno zagađenja, koji sustav djeluje protiv salinizacije tla i smanjuje opasnost od simptoma trovanja. Postoje različita stajališta kako odabirom pogodnog postupka smanjiti ove rizike. Odabir postupka za navodnjavanje s otpadnim vodama treba prije svega biti određen sljedećim faktorima:

- Izbor vrste ploda
- Kakvoća otpadnih voda koje su na raspolaganju
- Odvajanje vode od soli i štetnih tvari u tlu
- Visina razine podzemne vode
- Poželjni stupanj učinkovitosti korištenja vode
- Troškovi energije u dotičnom području
- Investicijska sredstva koja stoje na raspolaganju
- Rizici od ugrožavanja radnika i okoliša

Postoje vrlo različite metode navodnjavanja; kako one vrlo jednostavne tako i vrlo složeni sustavi. Sve metode mogu se ugrubo podijeliti u 5 grupa:

a) Navodnjavanje preko pregrada:

Otpadne vode se dijele preko cijelog polja putem pregrada. Moraju postojati odgovarajući uređaji za pregrađivanje (bazeni, rubni zidovi, ispusni uređaji). To obično i nije vrlo učinkovita metoda s obzirom na korištenje vode. Pri tom se i dijelovi plodova koji rastu iznad tla, kao i korijeni dovode u kontakt s otpadnim vodama . I radnici su u velikoj mjeri izloženi opasnostima (kontakt s otpadnim vodama) . Ovaj postupak nije baš zadovoljavajući glede zaštite zdravlja a niti glede optimalnog korištenja vode.

b) Navodnjavanje pomoću brazda

Voda se dovodi u brazde, koje su ukopane u zemljište. Preko ovih brazda otpadne vode dospijevaju do korijena biljaka. Tako otpadne vode ne dodiruju dijelove biljaka iznad površine tla. Ova metoda ima s obzirom na metodu a) velike prednosti što se tiče zaštite zdravlja radnika , ona ipak ne pruža potpunu zaštitu. Rizik od infekcija za radnike ovisi o stupnju automatizacije i uvjeta dotičnog pogona. Ako se otpadne vode dovode u brazde preko sustava cijevi, pa se time može izbjeći daljnji kontakt radnika s otpadnim vodama, rizik je minimalan.

Slika 3: Navodnjavanje pomoću brazda

c) Navodnjavanje pomoću uređaja za rasprskavanje

Otpadne vode se prskaju i tako dospijevaju u tlo, što se može usporediti s oborinskom vodom. Postoje fiksno instalirani i mobilni uređaji za rasprskavanje. Količina vode koja se ispušta može se kontrolirati, tako da ne može doći do preplavljenja polja.

U načelu je mogućnost za optimalno korištenje vode u ovoj metodi vrlo visoka.

Loša strana je što su oni povezani s velikim rizikom zagađenja plodova, koji rastu uz tlo, ali i voćki. Istovremeno je rizik za radnike vrlo velik. Stvaranje aerosoli može ugroziti stanovništvo koje živi u blizini.

Različiti sustavi uređaja za rasprskavanje se međusobno jako razlikuju. Ima tehnički vrlo primjenjivih sustava, s visokim investicijskim troškovima ,a malim pogonskim troškovima, ali i jednostavnih sustava s mnogo manualnog rada i obrnutim odnosom troškova.

Sustavi uređaja za rasprskavanje zahtijevaju u velikoj mjeri bolju kvalitetu vode nego sustavi s navodnjavanje pomoću brazda , prije svega zbog opasnosti začepljenja izlaznih otvora na uređajima za rasprskavanje, oštećenja ventila I začepljenjem cijevi. Veliki sadržaj soli može dovesti do oštećenja biljki (listovi).

Pri korištenju uređaja za rasprskavanje otpadne vode se moraju podvrći vrlo temeljitom pročišćavanju. To je obveza. Često se upotrebljavaju uređaji s filterima i fina sita.

Slika 4: Navodnjavanje pomoću uređaja za rasprskavanje

d) Navodnjavanje ispod zemlje

Otpadne vode se preko pozemnog sustava cijevi ili kanala koji su duboko tako dovode do biljki da ih biljke (korijeni) mogu uzeti.

e) Lokalno navodnjavanje

Otpadne vode se samo dovode do određenih točaka, dakle samo u područje biljaka (grmova, stabala). Ovdje se može dovesti točno potrebna količina vode da se evaporacija može pokriti , a infiltracija smanjiti.

Lokalno navodnjavanje se često može izvršiti vrlo učinkovito i dovesti do veće proizvodnje. Osim toga pruža radnicima i potrošačima tih plodova veliku zaštitu.

Budući da se otpadne vode raspodijeljuju pod manjim pritiskom ovi sustavi su nasuprot uređajima za prskanje još osjetljiviji na začepljenja.

Tablica 12 definira kakva treba biti otapdna voda koja se raspodijeljuje preko ovih uređaja.,

Slika 5 : Lokalno navodnjavanje

Tablica 12: kakvoća otpadne vode koja se širi preko sustava lokalnog navodnjavanja/24/

		Stupanj oštećenja		
		Nema	lagano	jako
Susp. čvrste tvari	mg/l	< 50	50	>100
Otopljene tvari	mg/l	500	500	2000
Magnezij	mg/l	0,1	0,1	0,5
Željezo	mg/l	0,1	0,1	1,5
H ₂ S	mg/l	0,5	0,5	2,0
pH-vrijednost	-	<7	8	>8

U usporedbi s drugim sustavima ovi sustavi nude prije svega sljedeće prednosti:

- Povećan prinos zbog optimalnog korištenja vode, hranjivih tvari i dovoda kisika u područje korijena.
- Velika učinkovitost zbog malih gubitaka vode zbog vjetra i poniranja
- Minimalni kontakt radnika s otpadnim vodama
- Mala potrošnja energije (tlak nije veći od 1-3 bara).
- Moguća automatizacija bez velikih troškova (Kombinacija navodnjavanja i dovoda gnojiva se može izvršiti s istim sustavom).

Bez obzira na relativno visokih investicijskih troškova nedostatak ovih sustava je, što je polaganje cijevi za navodnjavanje drugih površina često skupo, tako da se time mogu navodniti – pazeći na ekonomičnost – uvijek samo iste površine (voćke, grmovi itd.).

Različite vrste polja na kojima se koriste metode navodnjavanja prikazane su u sljedećoj tablici s komentarima.

Tablica 13: vrste i polja na kojima se koriste metode navodnjavanja (/24/modificirano)

Način navodnjavanja	Topografija	Primjedbe
Navodnjavanje preko pregrada	Nagib zemljišta mora biti manje od 1% , još bolje 0,2%	Vrsta navodnjavanja za plodove koji rastu blizu, kada topografski uvjeti to dopuste. Potreban je ravnomjeran nagib bez protunagiba (trebaju se izbjegavati promjene nagiba) Dovedena voda može se koristiti od 45 do 60%.
Navodnjavanje pomoću brazdi	Nagib 2-25%, bolje manje	Prije svega za primjenu za plodove koji su poredani u redove, naročito pri jakom nagibu navodnjavane površine. Nisu prikladni za područja s velikom aktivnošću glodavaca i krtica. Dovedena voda može se koristiti od 50 do 60%.
Navodnjavanje ispod zemlje	Ravno	Potrebno je vrlo propusno tlo i točno usmjerenje cijevi (kanala) Dovedena voda može se koristiti od 50 do 70%.
Navodnjavanje prskanjem	Područja s nagibima od 1- >35%	Veliki troškovi za pogon i održavanje. Posebno je prikladan za pjeskovita tla s velikom propusnošću i u područjima s malim troškovima energije i velikim brojem padalina, gdje se preko umjetnog navodnjavanja mora dovesti samo dio potrebne vode. Prikladno za površine s jednim velikim nagibom.
Lokalno navodnjavanje	Prikladno pri svakom nagibu	Kroz perforirane cijevi koje su poredane na površini voda se lokalno rasprskava. Naročito su pogodni za navodnjavanje voćaka i grmova. Dovedena voda može se koristiti od 75 do 85%.

Kod svih vrsta navodnjavanja biljke primaju samo dio vode ,ostatak otječe i služi za to da ispere dio soli koje su unešene navodnjavanjem. Taj dio vode koji je unešen u tlo, a biljke ga nisu iskoristile, označava se s “Leaching”-stopa (LF) i obračunava se prema sljedećoj jednadžbi:

Voda koja je nestala i voda koja je korištena(m/a)

$$(5) \text{ LF} = \frac{\text{-----}}{\text{Ukupno dovedena voda (m/a)}}$$

Što je veći sadržaj soli u vodi (otpadnoj vodi), utoliko je poželjnija visoka "Leaching"-stopa. I to se mora uzeti u obzir prilikom odabira postupka.

Opće se poznato da 99% vode koje biljke uzimaju vraća u atmosferu (transpiracija), odnosno ona isparava s površine biljke (evaporacija). Isparavanje ovisi o klimatskim prilikama.

Za procjenu koliko različite biljke trebaju vode služi tablica 14. Pri tom se mora paziti da količina vode kroz umjetno navodnjavanje ne odgovara brojevima ove tablice, već je potreban ukupni obračun da bi se ta količina odredila. (određivanje dotoka oborinske vode, evaporacija, procijena dijela vode koji otječe itd.).

Tablica 14: potreba za vodom u periodu rasta različitih usjeva (izvor /24 /)

Vrsta biljke	Potreba za vodom u mm u periodu rasta
Pšenica	450-650
Lucerna	800- 1600
Proso	450-650
Riža	350-700
Krumpir	500-700
Kikiriki	500-700
Pamuk	700-1300
Agrumi	900-1200
Grah	300-500
Banane	1200-2200
Kelj	380-500

8. Prikladne mjere za obradu otpadnih voda s ciljem korištenja iste za navodnjavanje

Ako se otpadne vode trebaju koristiti za navodnjavanje ili kao potrošna voda, bitni cilj mora biti smanjenje broja klica i jajašca glista.

Ako se koriste konvencionalni uređaji za pročišćavanje, oni se moraju kombinirati s uređajima za filtriranje i dezinfekciju. U područjima s visokim temperaturama rješenje može biti prispajanje bazena za finalnu obradu. Vrlo je korisno postavljanje uređaja za aktiviranje s membranskom filtracijom za odvajanje krutih tvari, jer je istovremeno osigurano opsežno zadržavanje klica.

Neprozačeni bazeni su se pokazali vrlo dobrim za postizavanje spomenutih ciljeva u zemljama trećeg svijeta. Njihova pogodnost pretpostavlja da su oni dimenzionirani na odgovarajući način i da rade propisno.

Kad se ne može realizirati dovoljno dobra obrada vode, postoji mogućnost, nedovoljno obrađenu otpadnu vodu u međuvremenu skupljati i pustiti da se jajašca gliste tamo talože (sedimentacija).

Ova tehnika se često primijenjuje u Meksiku i također u Izraelu. Uz smanjenje broja jajašca gliste, postoji mogućnost koristiti akumuliranu otpadnu vodu u sušnim periodima, kad je potreba za vodom velika,

Tablica 15 pokazuje moguće rezultate eliminacije bakterija, jajašca gliste, virusa i protozoa u različitim postupcima pročišćavanja. Iako se vide velike razlike u rezultatima eliminacije, jasno se vidi mali učinak glede eliminacije patogenih klica u tehničkim postrojenjima kakva su danas raširena u Njemačkoj.

Tabelle 15: postupak obrade i rezultati eliminacije (/25/ /2 / modificirano)

Obrada	Eliminacija (Log ₁₀ - jedinice)			
	Bakterije	Jajašca gliste	virusi	protozoe
Bazen za taloženje jednostavan uz dodavanje sredstava za flokulaciju	0-1 1-2	0-2 1-3d	0-1 0-1	0-1 0-1
Bazeni s aktiviranim muljem	0-2	0-2	0-1	0-1
Biofiltracija , prokapsnici b	0-2	0-2	0-1	0-1
Prozračeni bazeni a	1-2	1-d	1-2	0-1
Jarak za aeraciju	1-2	0-2	1-2	0-1
Uređaji za dezinfekciju (kloriranje,ozon)	2-6d	0-1	0-4	0-3
Neproizračeni bazeni c	1-6 d	1-3d	1-4	1-4
UASB-reaktori	0-1	1-2	0-1	1-2

a. s integriranim ili prispojenim bazenom za taloženje

b. s prispojenim bazenom za taloženje

c. Rezultati ovise o projektu postrojenja, za visoke rezultate eliminacije potrebni su bazeni u nizu i dugo vrijeme zadržavanja

d. pretpostavka je dobar projekt i adekvatan pogon

Ako se bazeni ne mogu realizirati , onda su za postizanje ciljeva potrebne WHO guidelines /4 / koje se odnose na smanjenje broja klica , uređaje za dezinfekciju (filtracija s membranama, UV-zračenje, upotreba ozona, kloriranje).

Obračun pokriva tehničkog uređaja s i bez prispojenog pješčanog filtera glede crijevnih parazita prikazuje se na slici 6 . Pri upotrebi tehničkih uređaja (bez taloženja i flokulacije /vidi gore) za sigurno dobivanje graničnih vrijednosti od 1 jajašca/1L upotreba uređaja s filterima.

Slika 6: Učestalost postojanja jajašca glista u vodi na izljevu tehničkog uređaja i prispojene filtracije/10/

9. Opće preporuke

U načelu je upotreba pročišćenih otpadnih voda za navodnjavanje moguća i korisna. Pri upotrebi dezinficirane otpadne vode potrebne su i druge mjere opreza. Posebno u slučaju ako se koristi otpadna voda koja nije dovoljno očišćena od klica, trebala bi se obratiti pažnja na sljedeće mjere opreza i preporuke:

1. Bezuvjetno se preporuča stalna analiza otpadnih voda ispitivanjem koje je upravljeno na vrstu biljaka i tlo.
2. , Posebno se preporuča koristiti tla koja imaju veliki dio organskih tvari i veliku alkalnost koja bi djelovala protiv uzimanja štetnih tvari preko biljaka.
3. Naročito su pogodni usjevi koji se ne jedu sirovi i imaju umjerenu potrebu za vodom.
4. 2 do 4 tjedna prije branja potrebno je obustaviti navodnjavanje s otpadnim vodama.
5. Za zaštitu poljoprivrednika preporučuje se nošenje zaštitne odjeće (čizme, rukavice;, pod pretpostavkom da klimatski uvjeti to dopuštaju). Dalje bi se svaka tri mjeseca trebali izvršiti liječnički pregledi osoblja i njihovih obitelji.
6. Sustav za navodnjavanje trebao bi omogućiti točno doziranje i jednostavni pogon.
7. Trebale bi postojati mogućnosti za akumuliranje ili odvođenje pročišćene vode što omogućuje da se u vrijeme , kada ovo navodnjavanje nije pogodno, voda može obustaviti.
8. Mora se paziti da sustav navodnjavanja ne uzrokuje eroziju tla kao i onečišćenje podzemnih voda.
9. Moraju postojati i uređaji za mjerenje, koji omogućuju kontrolu dodanih količina vode (mjerni preljev, venturijski žlijeb)
10. Posebno u vrijeme žetve prije prodaje na tržnicama trebalo bi paziti da se za obradu plodova koristi samo voda besprijekorne kakvoće. (ni u kojem slučaju otpadna voda). Isto važi i za vrijeme između branja, transporta i prodaje na tržnicama.

Literaturverzeichnis:

/1/ Serrano, H.S.

Guías de la OMS para el Uso Seguro de Aguas Residuales, Excretas y Aguas Grises
[ftp://ftp.cepis.org.pe/pub/WWGuidelines/ ...](ftp://ftp.cepis.org.pe/pub/WWGuidelines/)

/2/ Martin Strauss

Human Waste (Excreta and Wastewater) Reuse 1 ; EAWAG/SANDEC, PO Box 611,
Duebendorf, Switzerland; Strauss@eawag.ch www.sandec.ch, August 2000

/3/ WHO (World Health Organization)/UNICEF (United Nations International Children's
Education Fund). (2000) Global Water Supply and Sanitation Assessment 2000
Report. WHO/UNICEF, Geneva, Switzerland, 80 pp.

/4/ WHO (World Health Organization)

Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture: Report of a
WHO Scientific Group. WHO Technical Report Series 778. World Health
Organization, Geneva, Switzerland, 74 pp. 1989

/5/ Shuval, H.I., Adin, A., Fattal, B., Rawitz, E. and Yekutieli, P.

Wastewater irrigation in developing countries: health effects and technical solutions.
Technical Paper 51, World Bank, Washington, DC., 1986

/6/ Tanaka, H. USEPA and USAID (1992) Guidelines for Water Reuse. Technical Report
No. EPA/625/R-92/004. Washington,DC: Environmental Protection Agency (Office of
Wastewater Enforcement and Compliance)

/7/ Bouwer, H. y E. Idelovitch.

Quality requirements for irrigation with sewage water. J. Irrig. & Drainage Eng. 113:
516-535.; 1987

/8/ Blumenthal, U. and Peasey, A.

Critical Review of Epidemiological Evidence of the Health Effects of Wastewater and Excreta Use in Agriculture. World Health Organization (WHO), Geneva, Switzerland, 2002

ANHANG 2 : Nutzung von Abwasser als Brauchwasser

Seite 33 von 34

/9/ Carr R. (2002).

Excreta related infections and the role of sanitation in the control of transmission. In: Water quality: guidelines, standards and health. Assessment of risk and risk management for water-related infectious disease (Fewtrell L. and Bartram J., eds.). 2nd ed., IWA Publishing, London.

/10/ Andreas Rodolfo Leitner

Improvement of Mexican high altitude waste stabilization pond effluents for reuse
Centre for Environmental Health Engineering, School of Engineering, University of Surrey, February 2005

/11/ WHO (World Health Organization).

Guidelines for Drinking Water Quality. 3rd edition. WHO, Geneva., 2004

/12/ WHO (World Health Organization).

Guidelines for Drinking Water Quality. Vol. 2, Health Criteria and Other Supporting Information, 2nd edn. WHO, Geneva, Switzerland, 973 pp. , 1996

/13/ Havelaar, A.H. and Melse, J.M.

Quantifying Public Health Risks in the WHO Guidelines for Drinking Water Quality: A burden of disease approach. RIVM Report 734301022/2003. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (National Institute for Public Health and the Environment), Bilthoven, The Netherlands, 49 pp, 2003

/14/ Mead, P.S., Slutsker, L., Dietz, V., McCaig, L.F., Bresee, J.S., Shapiro, C., Griffin, P.M. and Tauxe, R.V.

Food-related illness and death in the United States. Emerging Infectious Diseases 5(5), 607–625., 1999

/15/ Kosek, M., Bern, C. and Guerrant, R.L.

The global burden of diarrhoeal disease, as estimated from studies published between 1992 and 2000. Bulletin of the World Health Organization 81(3), 197–204., 2003

/16/ ICMSF

Sampling for Microbiological Analysis: Principles and Specific Applications. In: Micro-Organisms in Food (Chapt. 2). The International Commission on Microbiological Specifications for Food. Blackwell Scientific Publications., 1995

ANHANG 2 : Nutzung von Abwasser als Brauchwasser

Seite 34 von 34

/17/ Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV)

vom 12.Juli 1999 (BGBl. I S. 1554)

geändert am 23.Dezember 2004 (BGBl. I S. 3758)

/18/ Sistemas de manejo de aguas residuales, Toma 3, Pagina 882

McGraw Hill, Colombia, 2000, ISBN 958 – 41 – 0046 -7

/19/ Blanca Elena. Jiménez Cisneros

Riego agrícola con agua residual z sus implicaciones en la salud, caso practico
Instituto de Ingeniería, Grupo de Tratamiento y Reúso UNAM. Circuito Escolar S/N,
Apdo. Postal 70-472, Coyoacán, C.P. 04510, México D.F. Teléfono 56 22 33 44 Fax
56 22 34 33

Congreso interamericano de Ingeniería Sanitaria z ambiental, México , 2002
/20/ Felipe I. Arreguín Cortés, Gabriela Moeller Chávez, Violeta Escalante Estrada,
Armando Rivas Hernández
El reuso del agua en México; estrategia de calidad
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
/21 / CEPIS /LIMA
Evaluación de riesgos para la salud por el uso de las aguas residuales en agricultura
Resumen Ejecutivo - Volúmen II
Aspectos toxicologicos
<http://www.cepis.ops-oms.org/eswww/fulltext/repind53/rea/reaanx.html>
/22/ Ramos, C.
El uso de aguas residuales en riegos localizados z en cultivos hidropónicos
Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias
Apdo. Oficial, 46113 Moncada
<http://www.ediho.es/horticom/fitech3/ponencia/text/cramos.html>
/23 / Mara, D.D
Waste Stabilisation Ponds (Chapter 10: Effluent reuse)
By: Miguel Peña Varón Universidad del Valle, Instituto Cinara. Cali, Colombia and
Duncan Mara School of Civil Engineering, University of Leeds. Leeds, UK
July 2004, IRC International Water and Sanitation Centre
/24/ M.B. Pescod
Wastewater treatment and use in agriculture ; Irrigation with Wastewater
University of Newcastle-upon-Tyne
Newcastle-upon- Tyne, UK , 2002
CEPIS/OPS
<http://www.cepis.ops-oms.org/muwww/fulltext/repind53/wta/wta.html>
/25/ Rodolfo Saéñz Forero
Riego y Salud ; Modernización y Avances en el Uso de Aguas Negras para el
Irrigación ; Intercambio de Aguas Uso Urbano y Riego
Introducción; y uso de aguas residuales tratadas en agricultura y acuicultura
CEPIS/ OPS, Lima, 2002
<http://www.cepis.ops-oms.org/eswww/fulltext/repind53/rys/rys.html>