

# WATEROPLEIDINGEN WATERKENNIS OP PEIL



## HOGERE TECHNIEK AFVALWATERZUIVERING

MODULE 1:  
ZUIVERINGSPROCESSEN  
CURSUSBOEK

NIEUWEGEIN  
2017

© Stichting Wateropleidingen,  
Augustus 2016 Nieuwegein

**Versie 4.1**

Niets van deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm, of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van Stichting Wateropleidingen.

## Inhoudsopgave

1	Inleiding en kader.....	1
1.1	Waterzuivering: verleden, heden en toekomst.....	1
1.2	Wie is verantwoordelijk voor de afvalwaterzuivering?.....	3
1.3	Financiën en functioneren.....	5
1.4	Belanghebbenden.....	6
1.5	De waterketen.....	7
1.6	Milieu.....	11
1.7	Innovatie.....	12
1.8	Afsluitend.....	16
2	Basisprincipes van afvalwaterzuivering.....	17
2.1	Inleiding.....	17
2.2	Scheikundige basisprincipes.....	17
2.2.1	Begrippen.....	17
2.2.2	Organische en anorganische stoffen.....	19
2.2.3	Zuren-zouten-basen.....	20
2.2.4	Chemische reacties.....	21
2.2.5	Oxidatie.....	21
2.2.6	Reductie.....	22
2.2.7	Neerslag.....	22
2.2.8	Chemische reacties in het zuiveringsproces.....	23
2.3	Microbiologische principes.....	25
2.3.1	Stofwisseling.....	25
2.3.2	Endogene ademhaling.....	27
2.4	Stikstofverwijdering.....	29
2.4.1	Stikstofverwijdering door slibproductie.....	29
2.4.2	Nitrificatie.....	29
2.4.3	Denitrificatie.....	30
2.4.4	Anammox.....	31
2.4.5	Biologische fosforverwijdering.....	32
2.5	Bezinking.....	34
2.5.1	Oppervlaktebelasting.....	34
2.5.2	Verblijftijd.....	35
2.5.3	Buffering en indikking.....	35
2.5.4	Metten van bezinking.....	35
2.5.5	Toepassingen.....	36
2.6	Fysisch chemische methoden.....	37
2.6.1	Precipitatie.....	38
2.6.2	Coagulatie en flocculatie.....	38
2.6.3	Kristallisatie.....	38
2.6.4	Chemische fosforverwijdering.....	39
2.6.5	Berekening chemicaliëndosering.....	40
3	Wetgeving, milieu en vergunningen.....	41
3.1	Wettelijk kader.....	41

3.1.1	Waterwet .....	41
3.1.2	Voorschriften in de waterwet .....	41
3.1.3	Heffing.....	43
3.1.4	Kleine lozingsen .....	43
3.1.5	Grote lozers.....	48
3.1.6	Wet Algemene bepalingen omgevingsrecht (WABO):.....	49
3.2	KAM Zorg.....	49
4	Rekenen met kosten .....	51
Leerdoelen	.....	51
4.1	Inleiding.....	51
4.2	Initiële kosten .....	51
4.2.1	Civiele, mechanische en elektrotechnische investeringskosten .....	52
4.2.2	Van aanneemsommen naar totale stichtingskosten.....	53
4.3	Exploitatielasten .....	53
4.3.1	Kapitaallasten.....	53
4.3.2	Onderhoudskosten .....	55
4.3.3	Bediening en beheer .....	55
4.3.4	Energie.....	56
4.3.5	Chemicaliën en andere hulpmiddelen.....	56
4.3.6	Slibverwerking .....	56
4.3.7	Voorbeeldberekening .....	57
4.4	Looptijd, aflossings- en afschrijvingstermijn.....	58
4.5	Investeringsbeslissingen .....	59
4.5.1	Methode 1: totale jaarlijkse kosten.....	59
4.5.2	Methode 2: terugverdiëntijd .....	60
4.5.3	Methode 3: contante waarde .....	61
4.6	Gevoeligheidsanalyse .....	63
5	Afvalwater .....	65
5.1	Samenstelling stedelijk afvalwater.....	65
5.2	Samenstelling industrieel afvalwater .....	66
5.3	Bestrijding aan de bron .....	66
5.4	Afvoerpatronen DWA en RWA .....	67
5.5	Rioolstelsels.....	68
5.6	Gemalen .....	70
5.7	Rekenen aan overstorten .....	70
5.8	Anticiperen op wijzigingen in de aanvoer.....	71
5.9	Aan- en afhaakproblematiek grote lozers .....	72
5.10	Taken gemeenten en waterschappen .....	73
5.11	Samenwerking in de keten .....	73
6	Zuiveringssystemen .....	75
6.1	Rwzi .....	75
6.1.1	Algemeen.....	75
6.1.2	Schema kleine rwzi.....	76
6.1.3	Schema middelgrote rwzi .....	77
6.1.4	Schema grote rwzi.....	79

6.1.5	aantal rwzi's in Nederland.....	80
6.2	AWZI.....	81
6.2.1	Algemeen.....	81
6.2.2	Schema levensmiddelenindustrie.....	86
6.2.3	Schema papier en grafische industrie.....	88
6.2.4	Schema petrochemische industrie.....	89
6.2.5	Schema metaalindustrie.....	92
6.3	IBA.....	94
7	Voorbehandeling.....	95
7.1	Inleiding.....	95
7.2	Grove bestanddelen.....	96
7.2.1	Roosters en zeven.....	96
7.2.2	Zandvanglers.....	98
7.3	Slib.....	99
7.3.1	Voorbezinking.....	99
7.3.2	Overige vormen van gravitatie-af scheiding slib.....	101
7.4	Vet en olie.....	102
7.4.1	Opdrijven of opromen.....	102
7.4.2	Gravitatie-af scheiding voor vet en olie.....	103
7.4.3	Flotatie afscheider.....	104
7.5	Kleine deeltjes en opgeloste stoffen.....	104
7.5.1	Filtreren.....	104
7.5.2	Neutralisatie.....	106
7.5.3	Precipitatie of neerslag reacties.....	106
7.5.4	Adsorptie.....	108
7.5.5	Extractie.....	108
7.5.6	Coagulatie en flocculatie.....	108
7.5.7	Elektrolyse.....	108
7.6	Vluchtige stoffen.....	109
8	Anaerobe zuivering.....	111
8.1	Anaerobe zuivering.....	111
8.1.1	Het microbiologische proces.....	112
8.1.2	De werking van de anaerobe zuiveringsinstallatie.....	116
8.1.3	Soorten anaerobe systemen.....	117
8.1.4	De opstart van een anaeroob systeem.....	119
8.1.5	Rendementsindicatoren.....	120
9	Aerobe zuivering.....	123
9.1	Actief slib.....	123
9.1.1	Verwijdering van zuurstofbindende stoffen, stikstof en fosfor.....	123
9.1.2	Processchema en definities.....	124
9.1.3	Reactortypen actief slib.....	125
9.1.4	Karakterisering actief slibproces.....	129
9.1.5	Licht slib.....	134
9.1.6	Nereda.....	135
9.2	Beluchting.....	136

9.2.1	Oppervlaktebeluchters.....	136
9.2.2	Bellenbeluchters.....	138
9.2.3	Toepassingen van type beluchters .....	138
9.2.4	Karakterisering van de beluchting.....	139
10	Stikstofverwijdering .....	143
10.1	Lozingsnormen voor rwzi's.....	143
10.2	Verwijdering van stikstofverbindingen .....	144
10.3	Uitvoeringsvormen stikstofverwijdering .....	145
11	Fosforverwijdering.....	151
11.1	Fosforverwijdering.....	151
11.1.1	Overzicht van fosforverwijderingstechnieken.....	151
11.1.2	Uitvoeringsvormen chemische fosforverwijdering.....	153
11.1.3	Uitvoeringsvormen biologische fosforverwijdering .....	156
11.1.4	Kosten van defosfatering .....	157
11.1.5	Alternatieven fosforverwijdering.....	157
11.1.6	Gescheiden behandeling .....	158
12	Nabehandeling.....	159
12.1	Inleiding.....	159
12.2	Nabezinking .....	159
12.2.1	Dimensionering nabezinktanks.....	161
12.2.2	Membraan Bioreactoren .....	164
12.3	Nabehandeling van effluent.....	166
12.3.1	Desinfectie.....	166
12.3.2	Filtratie .....	167
12.3.3	Helofytenfilters.....	170
12.3.4	Toepassingen in Nederland.....	170
13	Slibbehandeling.....	173
13.1	Inleiding.....	173
13.2	Soorten en hoeveelheden slib .....	173
13.3	Eigenschappen van slib .....	174
13.3.1	Fysische eigenschappen .....	174
13.3.2	Chemische eigenschappen .....	175
13.3.3	Microbiologische eigenschappen.....	176
13.3.4	Slibbemonstering en -analyses.....	176
13.4	Slibverwerkingsprocessen algemeen .....	176
13.4.1	Conditioneren van slib.....	177
13.4.2	Chemische conditionering .....	178
13.4.3	Thermische conditionering.....	178
13.5	Indikken van slib.....	179
13.5.1	Gravitatie-indikking.....	180
13.5.2	Flotatie-indikking .....	181
13.5.3	Mechanische indiccking .....	181
13.6	Stabiliseren van slib .....	182
13.6.1	Aerobe slibstabilisatie.....	182

13.6.2	Anaerobe slibstabilisatie .....	183
13.6.3	Procesbeschrijving slibgisting .....	183
13.6.4	Verwarming van een slibgisting .....	186
13.6.5	Producten van een slibgisting .....	188
13.6.6	Procesbeheersing van een slibgisting .....	190
13.7	Mechanisch ontwateren van slib .....	191
13.7.1	Directe ontwatering van surplusslib .....	193
13.8	Thermische behandeling van slib .....	193
13.8.1	Slibdroging .....	194
13.8.2	Slibverbranding .....	195
13.8.3	Slibcompostering (biologische droging) .....	196
13.8.4	Natte oxidatie .....	197
14	Omgevingshinder (geur) .....	199
14.1	Inleiding .....	199
14.2	Geurstoffen en –concentraties .....	199
14.3	Regelgeving en beleid geur .....	201
14.3.1	Regelgeving .....	201
14.3.2	Uitgangspunten geurbeleid .....	201
14.3.3	Nederlandse emissierichtlijn (NeR) en geur .....	202
14.3.4	Activiteitenbesluit en geur .....	205
14.4	Verspreidingsmodellen .....	205
14.5	Maatregelen .....	208
14.6	Lavafilters .....	209