



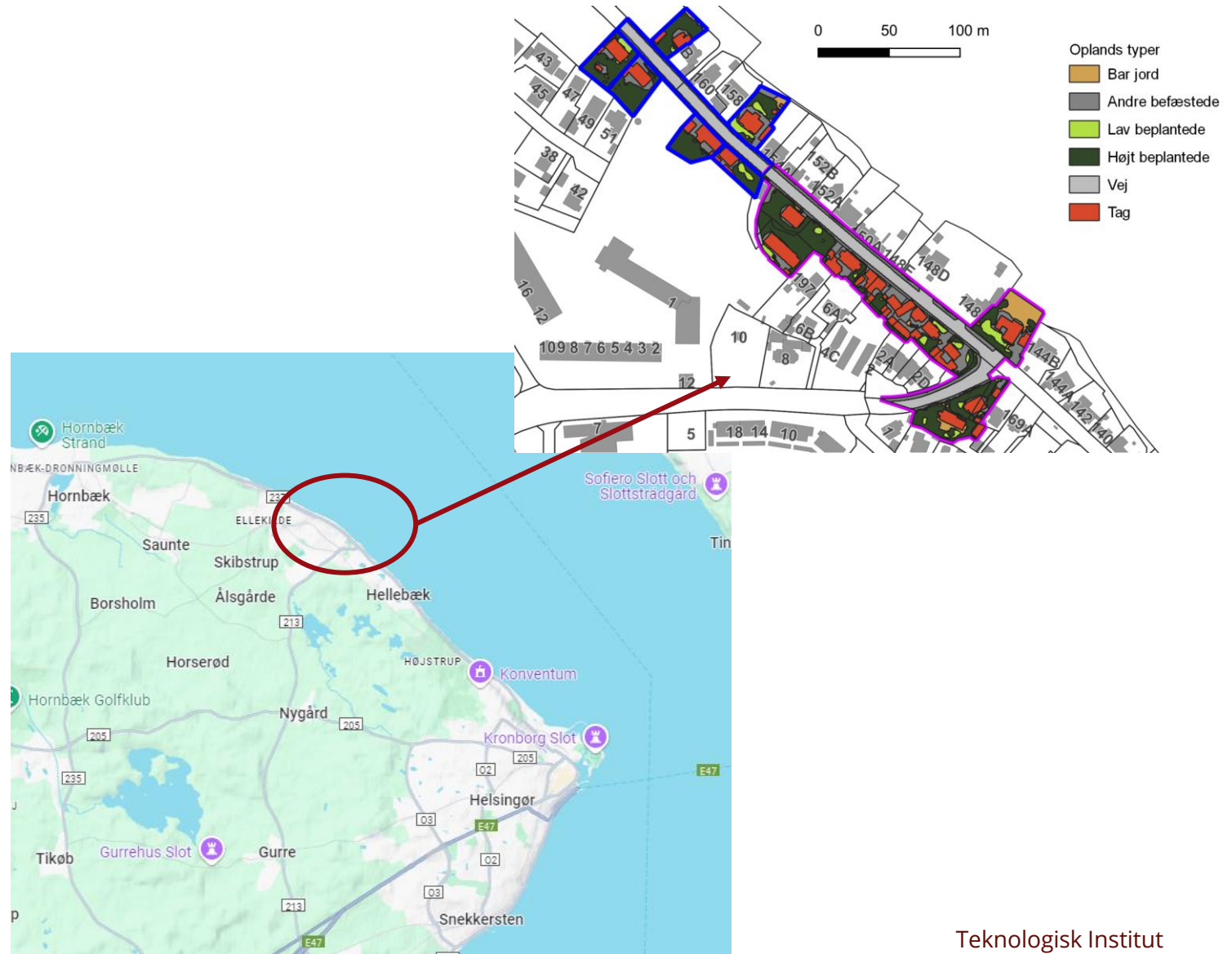
# Udledning af regnvand til Kattegat

Katrine Nielsen

21.10.2024

# Baggrunds historie

- MUDP projekt: KOM-BAT
- Forsyning Helsingør ønsker at få afkoblet en vejstrækning fra deres renseanlæg
- Med tiden, skal boligerne langs strækningen også kobles fra og renses sammen med vejvandet
- Vejen der skal afkobles er en bakke, så regnvandet skal ledes i to retninger og renses to steder



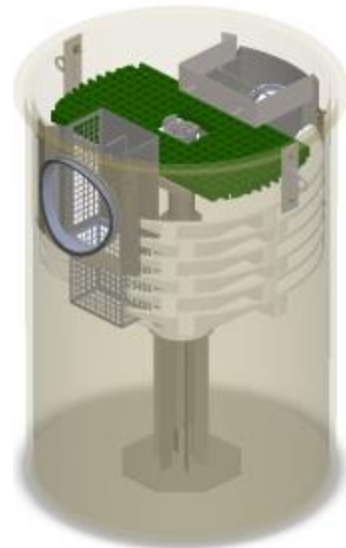
# Baggrunds historie



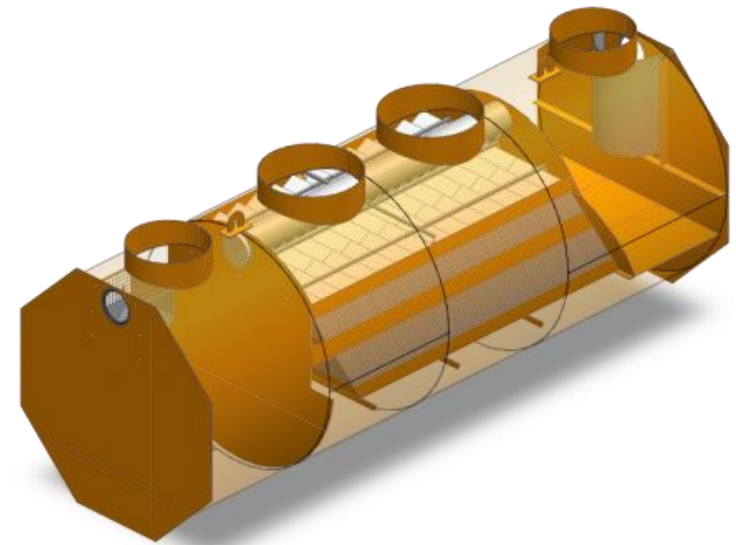
	Punkt 1 deloeland	Punkt 2 deloeland
<b>Totalt areal [m2]</b>	<b>6248</b>	<b>10456</b>
<b>Befæstede areal [m2]</b>	<b>3587</b>	<b>6710</b>
Vej	995	2070
Tag	1067	2073
Anden befæstelse	1143	2084
Bar jord	20	32
Lav beplantning	15	41
Høj beplantning	347	411
<b>Befæstelsesgrad [%]</b>	<b>57</b>	<b>64</b>

# Udvalgte renseteknologier

- **IBF Stoppol**
- Hydraulisk kapacitet: 30 L/s
- Standard størrelse



- **UTEP**
- Hydraulisk kapacitet: 60 L/s
- Længde og brede kan designes efter behov



# Spørgsmål vi stillede os

- **Hvilken gentagelsesperiode skulle anlæggene kunne håndtere**
  - Skulle vi vælge T10, T5, T2, T1.....
- **Hvilke stoffer skulle vi være opmærksomme på**
  - Hvad er tilstanden i recipienten?
  - Hvilke stoffer kan vi forvente i oplandet?
- **Ville vi kunne rense til de forventede krav**
  - Ville de valgte teknologier kunne rense til den ønskede udledning?
- **Masser af modelarbejde for at komme med anbefalinger 😊**

# Hydraulisk kapacitet

- SVK regnrækker for en 17 årig periode er blevet brugt til at estimere de vandmængder der skal udledes.
- Nærmeste regnmåler er på Nordkystens renseanlæg ca. 5 km væk

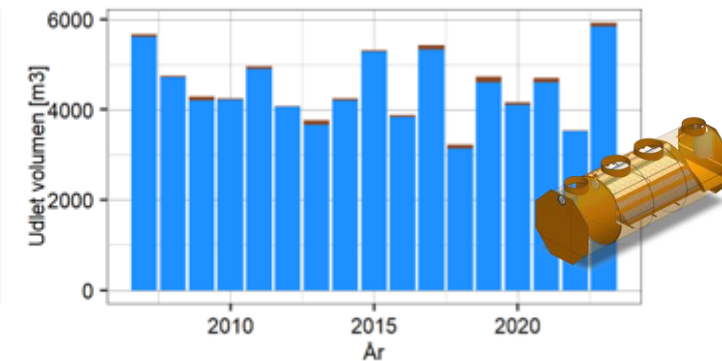
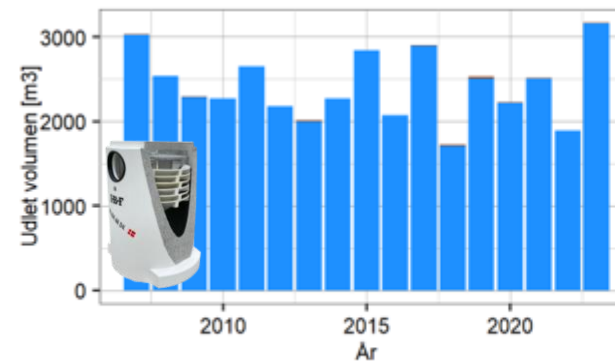


	Punkt 1 Stoppol	Punkt 2 UTEP
<b>Indløbsflow [L/s]</b>		
2 år	81	126
1 år	67	103
6 måneder	53	81
3 måneder	44	66
1 år	Rense [%]	99,8
	Bypass [%]	0,2

# Hydraulisk kapacitet

- Målet er at rense hverdagsregn og derved besluttes det at anlæggene skal kunne håndtere en 1 års hændelse
- STOPPOL: Der indsættes to anlæg i parallel til opland 1
- UTEP: 7,5 m 1 års, 6,5 m 3 måneder

- Beregninger på mængden af overløb, hvis begge anlæg kan håndtere 60 L/s
- Punkt 1: 99,8% renses
- Punkt 2: 98,7% renses



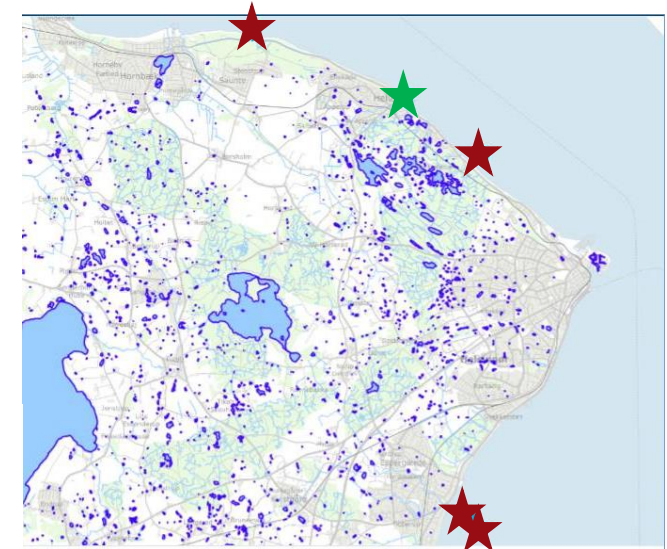
Figur 3. Beregnet udledte volumener over 17 år tidsserier fra Punkt 1 (t.v.) og Punkt 2 (t.h.). Blå: rensed volumen; Brun: bypass (urensed).

# Tilstand i recipient

- I recipienten er der foretaget målinger flere forskellige steder: Nivå, Hellenbæk, Øresund, i perioden 2008-2022. De primære målinger er målt i biota og sediment. Arsen, Cadmium og Kviksølv er målt i Hellebæk.

Tabel 3. Målte værdier i område (kilde: NOVANA). Værdier der overskrider kvalitetskriterie er markeret i rød.

Stof	Målte værdier (min-maks)		Enhed	Undersøgelsestype	Periode (min-maks)		Kvalitetskriterie	
Arsen (As)	1163		µg/kg VV	Biota (muslinge)	2018			
	6,70	12,6	mg/kg TS	Biota (muslinge)	2008	2011		
	1,30		mg/kg TS	Sediment	2013		163	mg/kg
Bly (Pb)	97,9	<b>284</b>	µg/kg VV	Biota (muslinge)	2018	2021	110	ug/kg VV
	1,16	2,10	mg/kg TS	Biota (muslinge)	2008	2011		
Cadmium (Cd)	115	<b>216</b>	µg/kg VV	Biota (muslinge)	2018	2021	160	ug/kg VV
	1,38	2,69	mg/kg TS	Biota (muslinge)	2008	2011		
Kviksølv (Hg)	14	<b>124</b>	µg/kg VV	Biota (fisk/muslinge)	2018	2021	20	ug/kg VV
	0,099	0,154	mg/kg TS	Biota (muslinge)	2008	2011		
Antracen	<b>53,8</b>		µg/kg TS	Sediment	2013		4,8	ug/kg
Benz(a)anthracen	0,64		µg/kg VV	Biota (muslinge)	2013			
	<b>65,9</b>		µg/kg TS	Sediment	2013		30	ug/kg
Benz(ghi)perylen	80,2		µg/kg TS	Sediment	2013			
	<b>0,72</b>		µg/kg VV	Biota (muslinge)	2013		5	ug/kg VV
Nonylphenoler	4,9		µg/kg TS	Sediment	2013		325	ug/kg
Tributyltin (TBT)	2,20		µg/kg VV	Biota (muslinge)	2013		?	
PFOAækvivalenter	1,1		ng/l	Vand	2022		4,4	ng/l



★ Målelokaliteter (grøn = Hellebæk)



# Indhold I regnvand

- Vurdering af forventede stoffer og koncentrationer i regnvandet fra oplandet. Beregnes ud fra.
  - Vandkval (oplandsspecifikke)
  - Internationale studier (ikke oplandsspecifikke)
- Med udgangspunkt forventede indhold i regnvandet og målingerne i recipienten udarbejdes en stofliste.

- Stofliste (**overskredet grænseværdi i enten biota eller sediment**)
  - Arsen
  - **Bly**
  - **Cadmium**
  - Kobber
  - **Kviksølv**
  - Zink
  - **Antracen**
  - **Benz(a)anthracen**
  - **Benz(ghi)perylene**

# Indhold I regnvand

- Ved at sammenligne de målet koncentrationer i recipienten, med de estimerede værdier i regnvand, ses det at tre stoffer kunne udgøre en risiko for recipienten:

- **Arsen (As):** Sjældent undersøgt i regnvand. En mulig kilde er imprægneret træ, mens i andre område kan skyldes geologiske kilder
- **Bly (Pb):** Som stammer fra bygningsmateriale i historiske omgivelser, maling, og trafik (mekaniske dele af biler)
- **Benz(ghi)perylene:** Er en PAH som typisk stammer fra forbrændingsprocesser (trafik)

Tabel 4. Sammenligning mellem kvalitetskrav, forventet forureningsniveau i den udledte vand, og forventede forureningsniveau. Koncentrationer der overskrider det generelle kvalitetskrav (uden fortynding) er markeret i rød.

Stof	Kvalitetskriterie		Udledning fra oplandet (uden fortynding) [µg/l] <sup>f</sup>		
	maks	generelt	Typetal (MST)	RegnKvalitet	Intl. Review (median)
Arsen (As)	1,1 <sup>a</sup>	0,6 <sup>a</sup>	1,3 <sup>d</sup>		1
Bly (Pb)	14	1,3	4 <sup>e</sup>	12	17
Cadmium (Cd)	0,45-1,5 <sup>b</sup>	0,2 <sup>b</sup>	0,07 <sup>e</sup>		0,355
Kobber (Cu)	4,9 <sup>c</sup>	4,9 <sup>c</sup>	9,0 <sup>e</sup>	8.3-8.8	40
Kviksølv (Hg)	-	0,07	0,03 <sup>d</sup>		0,068
Zink (Zn)	8,4 <sup>a</sup>	7,8 <sup>a</sup>	130 <sup>e</sup>	280	183
Antracen	0,1	0,1	0,005 <sup>d</sup>		0,014
Benz(a)anthracen	0,018	0,0012			0,1
Benz(ghi)perylene	0,00017	0,00082	0,007 <sup>d</sup>	0,0089-0,0096	0,06

<sup>a</sup> tilføjet til baggrundskoncentration

<sup>b</sup> afhængig af hårdgradshed

<sup>c</sup> øvre koncentration af stoffet uanset den naturlige baggrundskoncentration

<sup>d</sup> indikativ (ikke robust typetal)

<sup>e</sup> egentlig (robust typetal)

<sup>f</sup> Kilder til målte data:

- Typetal MST: Typetal for miljøfarlige forurenende stoffer i regnbetingede udledninger. På baggrund af data fra det nationale overvågningsprogram 2000-2020

- RegnKvalitet: [https://www.regnvandskvalitet.dk/\(version 1.3\)](https://www.regnvandskvalitet.dk/(version%201.3))

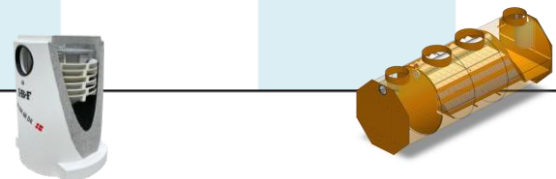
- International review: [Mutzner, L, Furrer, V, Castebrunet, H, Dittmer, U, Fuchs, S, Gerriak, W, Gromaire, M-C, Matzinger, A, Mikkelsen, PS, Selbig, WR & Vezzaro, L 2022, 'A decade of monitoring micropollutants in urban wet-weather flows: What did we learn?', Water Research, vol. 223, 118968. https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.118968](https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.118968)

# Forventet rensning

- STOPPOL: Test i henhold til Vejledningen
- UTEP: Målekampagner på fuldskala anlæg
- Rensegrader er estimeret ud fra de målte partikel-resultater

Tabel 5. Parameter som er anvendt i beregninger af den forventede udløbskoncentrationer fra renseteknologier

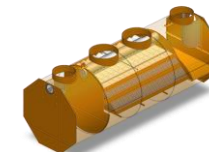
Stof	Partikulært fraktion $f_p$ [%]	Beregnet gennemsnitlige TSS-fjernelse $E_{TSS}$ [%]				
		Regnvands bassin (BAT) <sup>c</sup>	2 STOPPOL parallelle anlæg	3 STOPPOL parallelle anlæg	UTEP (60 l/s)	UTEP (30 l/s)
Arsen (As)	50 <sup>a</sup>					
Bly (Pb)	90 <sup>b</sup>					
Cadmium (Cd)	50 <sup>b</sup>					
Kobber (Cu)	60 <sup>b</sup>					
Kviksølv (Hg)	60 <sup>a</sup>	80	76	79	74	73
Zink (Zn)	50 <sup>b</sup>					
Antracen	90 <sup>a</sup>					
Benz(a)anthracen	90 <sup>a</sup>					
Benz(ghi)perylene	90 <sup>a</sup>					



# Forventet rensning

(Risikokoefficient) = proportional fortynding for at overholde grænseværdi

Stof	Kvalitetskriterie		Anlæggets beregnet udløbskoncentration [ $\mu\text{g/l}$ ]			Typisk rensningsanlægs udløbskoncentration [ $\mu\text{g/l}$ ] <sup>4</sup>
	<u>maks</u>	generelt	Regnvandsbassin (BAT)	2 STOPPOL parallelle anlæg (hydraulisk kapacitet 60 l/s)	UTEP (60 l/s) 6,5 m lang	
Arsen (As)	1,1 <sup>a</sup>	0,6 <sup>a</sup>	0,60- <b>0,78</b> (1,3)	<b>0,62-0,81</b> (1,0-1,4)	<b>0,63-0,82</b> (1.1-1.4)	1,1
Bly (Pb)	14	1,3	0,56- <b>3,36</b> (2,6)	0,63-1,26	0,67-1,34	2,4
Cadmium (Cd)	0,45-1,5 <sup>b</sup>	0,2 <sup>b</sup>	0,042-0,21	0,043-0,22	0,044-0,22	0,24
Kobber (Cu)	4,9 <sup>c</sup>	4,9 <sup>c</sup>	4,56-4,68	4,78-4,9	4.89- <b>5.00</b> (1.02)	2,6
Kviksølv (Hg)	-	0,07	0,016-0,035	0,016-0,037	0,017-0,038	0,62
Zink (Zn)	8,4 <sup>a</sup>	7,8 <sup>a</sup>	<b>78-168</b> (10-22)	<b>81-174</b> (10-22)	<b>82-176</b> (11-23)	<b>35</b> (4,2)
Antracen	0,1	0,1	0,001-0,004	0,002-0,004	0,002-0,005	0,0275 <sup>a</sup>
Benz(a)anthracen	0,018	0,0012	<b>0,03</b> (25)	<b>0,03</b> (25)	<b>0,03</b> (25)	<b>0,037</b> (2)
Benz(ghi)perylen	0,00017	0,00082	<b>0,002-0,017</b> (2,4-20)	<b>0,002-0,019</b> (2,4-23)	<b>0,002-0,020</b> (2.4-24)	<b>0,039</b> (226)



# Forventet udledning

- Arsen (As): 30-40% højere end kvalitetskriterie i udløbet.
  - Når man tager måleusikkerheder, den begrænsede viden om As kilder i regnvand (og deres tilstedeværelse i Nordre Strandvej oplandet) i betragtning, forventes det ikke, at udledning vil have en målbar effekt på et repræsentativ målepunkt i vandområde.
- Benz(a)anthracen og Benz(ghi)perylene: Overskrider kvalitetskrav (>25 gange)
  - Disse to stoffer forventes dog at have højt tendens til sedimentering i nærhed af udløbspunkt, og derfor forventes ikke at have en målbar effekt på et repræsentativ målepunkt i vandområde.
- Kobber og Zink: Overskrider kvalitetskrav
  - Forventes ikke, at udledning fra oplandet udgør en trussel til opfyldelse af en god kemisk tilstand. Da Zn og Cu ikke er overskredet i recipient

# Overordnet vurdering af stofbelastning

Tabel 8. Beregnet årlige stofmængde udledt fra oplandet i den nuværende situation (STATUS) og efter separering i Punkt 1 og Punkt 2 oplande (PLAN)

Stof		Punkt 1		STATUS Punkt 2			PLAN		
		ØÅ-U4-vej (separat)	ØÅ-U4a (overløb) <sup>a</sup>	ØÅ-U3-vej (separat)	Nordkystens renseanlæg	Total til Kattegat	Punkt 1	Punkt 2	Total til Kattegat
Volumen	[m <sup>3</sup> /år]	507	5	593	5836	6941	2418	4523	6941
Arsen (As)	[mg/år]	659	4,00	771	6420	7854	1499-1959	2849-3709	4349-5667 (45%)
Bly (Pb)	[g/år]	2,03-6,08	0,025	2,37-7,12	14,0	18,4-27,2	1,52-3,05	3,03-6,06	4,55-9,11 (67-75%)
Cadmium (Cd)	[mg/år]	35,5-180	0,50	41,5-211	1410	1478-1802	104-532	199-995	302-1527 (15-80%)
Kobber (Cu)	[g/år]	4,46-4,56	0,080	5,34-5,38	15,2	24,9-25,2	11,6-11,8	22,1-22,6	33,7-34,5 (-35%/-37%)
<u>Kviksølv</u> (Hg)	[mg/år]	15,2-34,5	0,25	17,8-40,3	3618	3652-3693	38,7-89,5	76,9-172	116-261 (93-97%)
Zink (Zn)	[g/år]	65,9-142	0,85	77,1-166	204	348-513	196-421	371-796	566-1217 (-63%/-137%)
Antracen	[mg/år]	2,54-7,10	0,07	2,97-8,30	161	166-177	4,84-9,67	9,05-22,6	13,9-32,3 (82-92%)
Benz(a)anthracen	[mg/år]	50,7	0,06	59,3	216	326	72,5	136	208 (36%)
Benz(ghi)perylene	[mg/år]	3,55-30,4	0,10	4,15-35,6	225	232-291	4,84-45,9	9,05-90,5	13,9-136 (53-94%)

<sup>a</sup> Beregnet baseret på: Typetal for miljøfarlige forurenende stoffer i regnbetingede udledninger. På baggrund af data fra det nationale overvågningsprogram 2000-2020

<sup>b</sup> Beregnet baseret på: Nøgletal for miljøfarlige forurenende stoffer i spildevand fra renseanlæg- Opdatering på baggrund af data fra det nationale overvågningsprogram for punktkilder 1998-2019 |

# Arbejdet fremadrettet

- Udledningstilladelsen skal godkendes af kommunen
- Anlæggene skal i jorden og regnvandet afkobles
- Indløb og Udløb skal monitoreres (MUDP-Projekt)

# Spørgsmål til diskussion

- Hvilken regnhændelse skal anlæggene kunne håndtere? Er det vigtigste hverdagsregnen eller gentagelsesperioderne?
- Hvordan skal vi forholde os til målinger i recipienten , hvad er accepteret afstand og hvad er accepteret alder
- Hvor er det repræsentative målepunkt?