



Kort- og langkjedete per- og polyfluoralkyl (PFAS) forbindelser i norske deponier

Miljøringens temamøte 6. mars 2019

Heidi Knutsen¹, Trond Mæhlum², Ketil Haarstad², Gøril Aasen Slinde¹ og Hans Peter H. Arp^{1,3}

¹Norges Geotekniske Institutt (NGI), Oslo; ²NIBIO, Ås; ³NTNU, Trondheim



Agenda

- Formål med studien
- Generelt om PFAS forbindelser
- Fra langkjedete til kortkjedete PFAS forbindelser
- PFAS i deponier – er det så farlig da?
- Resultater fra studien



Formål med studien

- Vurdere hvorvidt norske deponier er sekundære utslippskilder for PFAS, og fordeling mellom kort- og langkjedete PFAS-forbindelser
- Sivevann og sediment fra 10 norske deponier, inkludert ett i Svalbard
- Flesteparten mottar hovedsakelig husholdningsavfall og i noen tilfeller forurenset jord og slam



Generelt om PFAS forbindelser

- Hydrokarbonkjeder hvor hydrogen er byttet ut med fluor, ulike funksjonelle grupper
- Unike vann- og fettavvisende egenskaper
- Brukt siden 1950-tallet
- OECD/UNEP Global PFAS Group: identifisert 4730 PFAS-relaterte CAS-nummer
- Svært stabile og persistente, samt mobile i miljøet => kan akkumulere i mennesker og miljøet og spres globalt
- De mest studerte PFAS kjemikaliene er PFOA og PFOS, kan være svært helseskadelige



Australian Department of Defence

The screenshot shows the top section of the OECD website. On the left is the OECD logo with the tagline 'BETTER POLICIES FOR BETTER LIVES'. On the right are social media icons for email, Twitter, Facebook, and YouTube, along with a search bar labeled 'Custom Search'. Below this is a blue banner with the text 'Portal on Per and Poly Fluorinated Chemicals'. Underneath the banner is a navigation menu with the following items: HOME, ABOUT PFAS, RISK REDUCTION, ALTERNATIVES, PRODUCTION AND EMISSIONS, COUNTRY INFORMATION, and WEBINARS. At the bottom of the screenshot is a large image of laboratory glassware (flasks and beakers) with a blue overlay containing the text 'Help us raise awareness about perfluorinated chemicals'.

Fra kortkjedete til langkjedete PFAS forbindelser

- PFOS og PFOA: langkjedete og nå regulert (brannskum med PFOS forbudt i 2007)
- Løsning? kortkjedete PFASer, f.eks. PFBS
- Mindre kunnskap om effektene til de kortkjedete PFAS forbindelsene, men også disse kan være svært tungt nedbrytbare og vil dermed forbli i miljøet i lang tid

OECD definisjon¹ for kortkjedete PFASer
Korte perfluoralkylkarboksylsyrer (PFCA): $<C_7$
Korte perfluoralkansulfonater (PFSA): $<C_6$

Prioritetslisten:

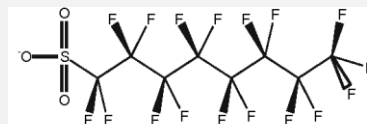
2002: PFOS

2007: PFOA

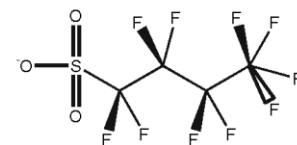
2014: C_9 - C_{14} PFCA

2017: PFHxS

2019: PFBS



Perfluorooctane sulfonate (PFOS)



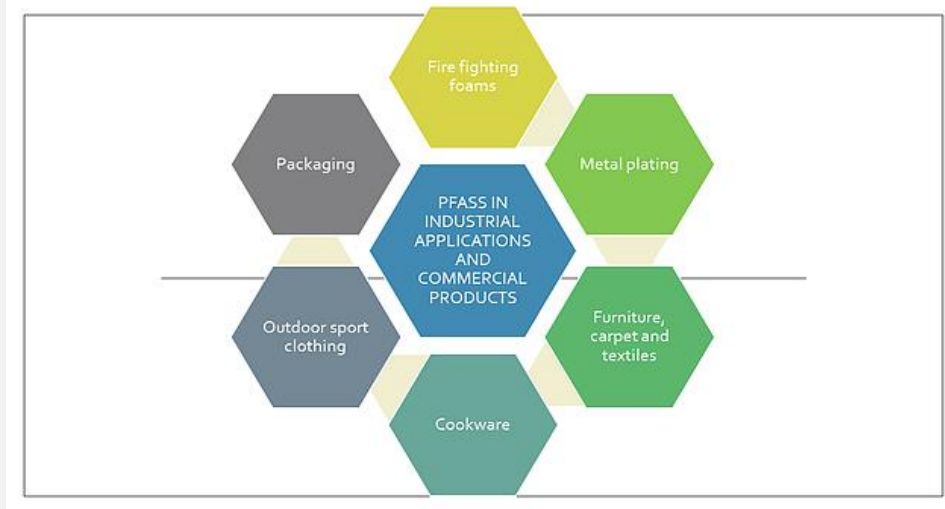
Perfluorobutane sulfonate (PFBS)

Newsted et al. (2008). Acute and chronic effects of perfluorobutane sulfonate (PFBS) on the mallard and northern bobwhite quail. *Archives of environmental contamination and toxicology*. 54 (3)

PFAS i deponier

– er det så farlig da?

- Mange kilder, blant annet: forbrukerartikler, impregnering, ytterbekledning, forurensede masser, industri og avløpsslam
- Men er det ikke på deponi vi vil ha PFAS?
 - Sivevann er sekundære punktkilder for PFAS utslipp
 - PFAS i sivevann kan være konsentrert
 - Kan ha tilsvarende konsentrasjoner som direkte utslipp fra industri og brannøvingsfelt hvor PFAS har infiltrert til grunnvann

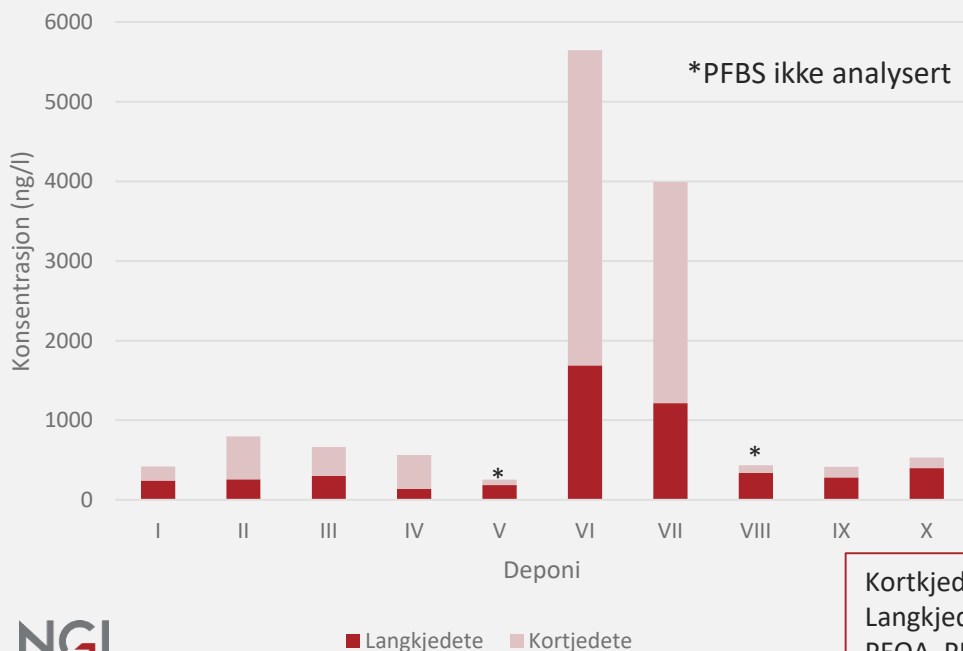


<https://www.greentecconsulting.com.au/single-post/2018/01/31/PFAS-MANUFACTURE-AND-SOURCES>



Σ_{28} PFAS i sigevann (n = 10)

Σ_{28} PFAS: 320 – 11 000 ng/l
(snitt: **1725** ± 28173, median: 631 ng/l)



Ca. 56 % = kortkjedete forbindelser (hovedsakelig PFBS, 30 % av total)
=> Overgang til kortkjedede PFASer? Også viktig å huske på at langkjedete PFASer ofte adsorberer sterkere til partikulært materiale, sammenliknet med kortkjedete PFASer

Svalbard (X): PFOS bidrog mest (30 %). Ellers bidrog PFOS fra 1 – 20 % av total
=> Utfasing har ikke redusert nivåene i sigevann fullstendig

Kortkjedete: PFSA < C6: PFBS; PFCA < C7: PFBA, PFPeA, PFHxA
Langkjedete: PFSA ≥ C6: PFHxS, PFHpS, PFOS (PFDS); PFCA ≥ C7: PFHpA, HPFHpA, PFOA, PFNA, PFDeA, PFUDA, PFDoA (PF-3,7-DMOA, PFTrA, PFTA, PFHxDA)

Sammenlikning med tidligere studier

Land	Antall deponier	Antall PFASer	ΣPFAS (ng/l)	ΣKortkjedete (ng/l) Snitt ± SD (Min – maks)	ΣLangkjedete (ng/l) Snitt ± SD (Min – maks)	Referanse
Norge	10	28	1725 ± 2873 (320-11000)	980 ± 1810 (68-6770)	531 ± 728 (136-2884)	Denne studien
Norge	5	7	673 ± 552 (199-1538)	-	-	Kallenborn et al., 2004
Canada	1	24	11000 ± 10000 (3800-3600)	2812 ± 1109 (1424-5150)	2719 ± 2160 (1021-7738)*	Benskin et al., 2012
Canada	28	13	(30-21 000)	-	-	Li et al., 2012
Kina	5	14	82100 (7280-292000)	-	-	Yan et al., 2015
Sverige	10	26	487 (0.30-1300)	171 ± 137 (< LOQ-508)	123 ± 78 (< LOQ-269)**	Gobelius et al., 2018
Tyskland	22	43	5777 (31-12819)	-	-	Busch et al., 2010
Spania	4	16	1082 (639-1379)	576	506***	Fuertes et al., 2017
USA	4	24	4613 ± 1 985 (2688-7415)	-	-	Huset et al., 2011

Antallet PFAS-forbindelser som analyseres varierer og er av stor betydning for sammenlikningen

Betydelig høyere konsentrasjonsnivåer i Kina, Canada, Tyskland og USA

Norge, Sverige og Spania mer sammenliknbare

*Ekskl. PFHpS, HPFHpA, PFDeA, PF-3,7-DMOA, PFTrA, PFTA og PFHxDA

**Ekskl. PFHpS, HPFHpA, PFOA, PFDeA og PF-3,7-DMOA

***Ekskl. HPFHpA, PF-3,7-DMOA og PFHxDA

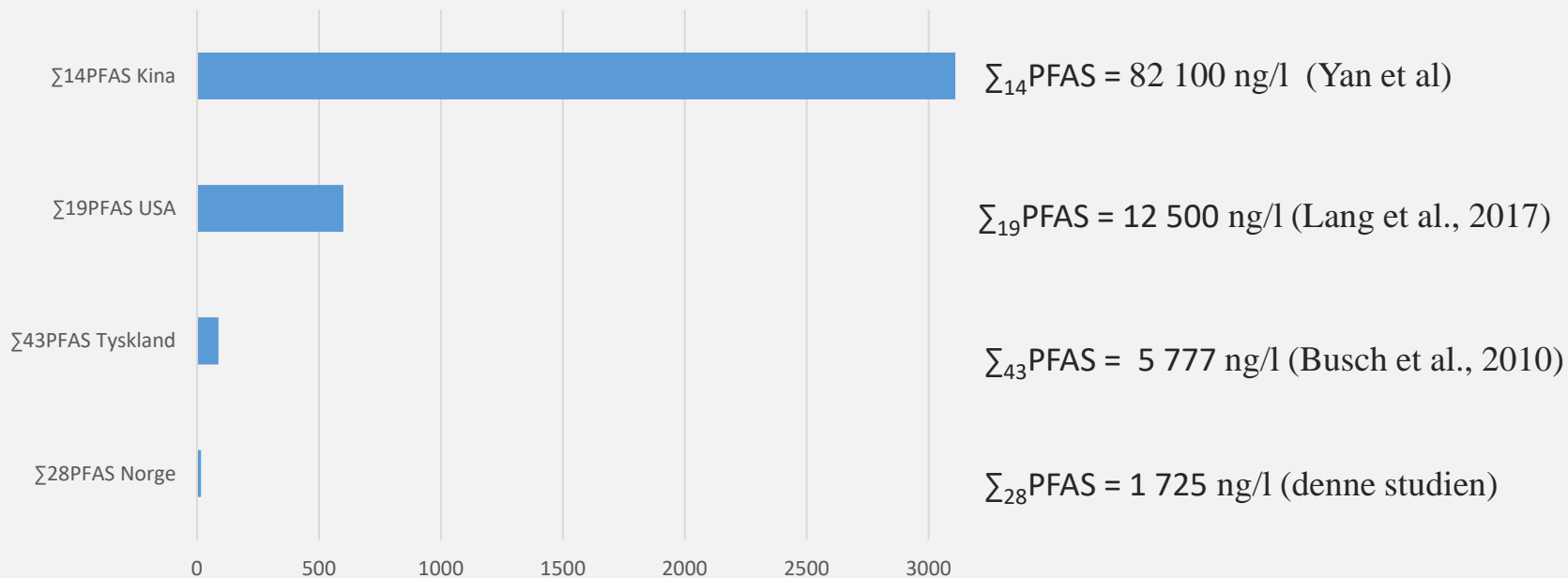
Estimerte nasjonale utslippsmengder (kg/år)

	Kortkjedete PFAS- forbindelser	Langkjedete PFAS- forbindelser	PFOS	PFOA	Σ_{28} PFAS
Snitt \pm SD	9.8 \pm 18	5.3 \pm 7.3	0.68 \pm 0.38	2.8 \pm 4.6	17 \pm 29
Median	3.6	2.9	0.65	1.2	6.3
Min-max	0.68 - 68	1.4 - 29	0.15 - 1.6	0.66 - 18	3.2 - 110

(Per deponi: Σ_{28} PFAS 9,2 – 509 g/år; snitt: 155 \pm 164 g/år; median: 100 g/år)

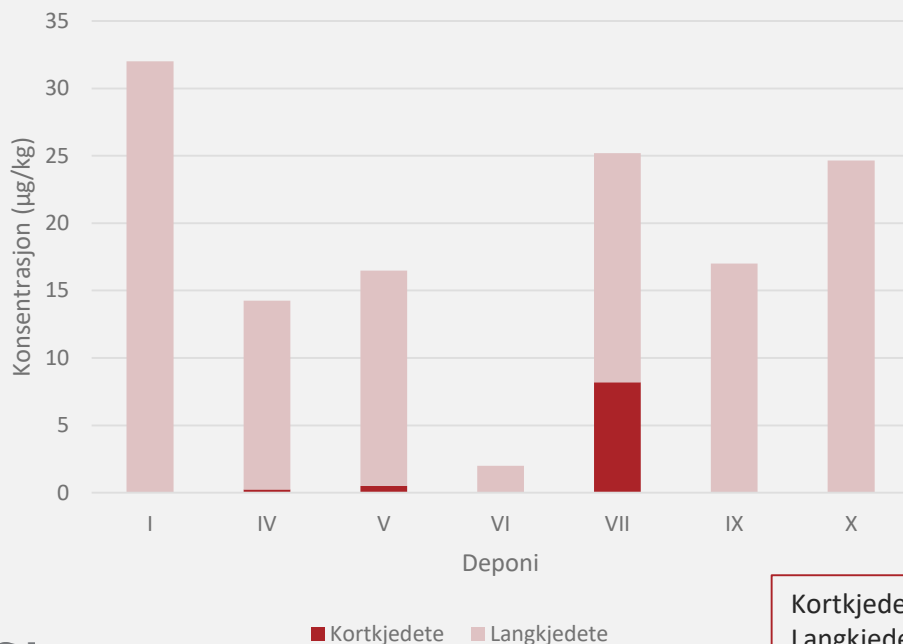
Sammenlikning med tidligere studier

Estimerte nasjonale utslippsmengder (kg/år)



Σ_{30} PFAS i sediment (n = 8)

Σ_{30} PFAS: 8,5 – 120 $\mu\text{g}/\text{kg}$
(snitt: **47** \pm 36, median: 41 $\mu\text{g}/\text{kg}$)



Hovedsakelig langkjedete forbindelser som PFOS. I tillegg: «PreFOS-forbindelser» - ca. 46 % av total.

Langkjedete PFAS-forbindelser ofte relativt sterkere affinitet til partikulært materiale, som jord og sediment.

■ Kortkjedete ■ Langkjedete

Kortkjedete: PFSA < C6: PFBS; PFCA < C7: PFBA, PFPeA, PFHxA
Langkjedete: PFSA \geq C6: PFHxS, PFHpS, PFOS (PFDS); PFCA \geq C7: PFHpA, HPFHpA, PFOA, PFNA, PFDeA, PFUdA, PFDoA (PF-3,7-DMOA, PFTrA, PFTA, PFHxDA)

Konklusjon / miljøpåvirkning

- Gitt at de norske utslippene er konsistente i 100 år, har en et totalt utslipp på 1,7 tonn PFAS fra ett relativt lite land
- Norske deponier er sekundære utslippskilder for PFAS
- Deponier (og renseanlegg) bør overvåkes mer med tanke på PFAS utslipp (ikke bare PFOS og PFOA)
- Fokus på løsninger, eksempelvis behandling av sigevann, strategier for å hindre at PFAS-forurenset avfall deponeres (hvis deponering: minimere utslipp), eksempelvis termisk destruering av PFAS-forurenset avfall og slam før deponering



Takk for
oppmerksomheten!

Kontakt: hkn@ngi.no



#påsikkergrunn

NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT
NGI.NO