

NGU Rapport 2007.074

PCB i nedbør fra Bergensområdet

Rapport nr.: 2007.074		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: PCB i nedbør fra Bergensområdet			
Forfatter: Morten Jartun og Tore Volden		Oppdragsgiver: Bergen kommune	
Fylke: Hordaland		Kommune: Bergen, Fjell	
Kartblad (M=1:250.000)		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)	
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 26	Pris: 65,-
Feltarbeid utført: 2005-2006		Rapportdato: 30.november 2007	Prosjektnr.: 307300
		Ansvarlig: <i>Roy Tor Ottosen</i>	
<p>Sammendrag:</p> <p>NGU gjennomførte i to perioder høsten 2005 og 2006 en innsamling av nedbørsprøver i og utenfor Bergen for å undersøke tilførselen av PCB til området via nedbør. Det er tidligere påvist høye konsentrasjoner av PCB i bl.a. marine sedimenter, byjord og sandfangsmaterialer i Bergen by, og NGU gjennomfører en rekke undersøkelser for å finne mulige kilder til PCB. Denne undersøkelsen fokuserer på våtdeposisjon av PCB₇ ut fra målte konsentrasjoner i nedbør. Konsentrasjonene som ble funnet lå i 13 av 14 lokaliteter langt under hva som regnes som bakgrunnsnivå i Norge (NILU: 0,207 ng/L), med en mediankonsentrasjon av PCB₇ på 0,0478 ng/L. Den høyeste konsentrasjonen ble funnet ved Stend (Fana), på 1,079 ng/L. En mulig forklaring til hvorfor konsentrasjonene er så lave sammenlignet med NILUs målte bakgrunnsverdier (årgjennomsnitt 0,207 ng/L fra Birkenes) kan være at nedbørsintensiteten i måleperiodene var svært høy, noe som vil fortynne bidraget fra lokale kilder via støv/tørredeposisjon. Basert på gjennomsnittlig nedbørsmengde i Bergen sentrum (2250 mm/år) og mediankonsentrasjonen til PCB₇ i nedbørsprøvene, ble total våtdeposisjon beregnet til 21 g pr år innenfor prøvetakingsområdet på 200 km², tilsvarende 0,11 µgm⁻²år⁻¹.</p> <p>I forbindelse med målingene av PCB i nedbør, ble det foretatt målinger av PCB-utslipp i rensert røykgass fra forbrenningsanlegget til BIR i Rådalen. Konsentrasjonene i røykgassen ligger opp til flere hundre ganger over NILUs målte bakgrunnsverdier for luft, men vi anbefaler å undersøke PCB-utslippene fra forbrenningsanlegg generelt nærmere for å få en bedre oversikt over akkurat dette temaet. Ut fra konsentrasjonene vil forbrenningsanlegget i Rådalen bidra med et utslipp på ca. 3 g PCB₇ pr. år til luft.</p> <p>Ut fra de målte konsentrasjonene av PCB₇ i nedbør, er det lite trolig at dette er en vesentlig kilde til PCB-problematikken i Bergen, f.eks. knyttet til forurensede marine sedimenter eller byjord. Det er heller ikke noe som skulle tilsi at tilførsel av PCB₇ via nedbør gir et vesentlig forurensningsbidrag, f.eks. til drikkevannskilder som Svartediket i Bergen.</p>			
Emneord: PCB	nedbør		

INNHOLDSFORTEGNELSE

1.	INNLEDNING	6
1.1	Mål for undersøkelsen	6
1.2	NGUs tidligere miljøprosjekter i Bergen	6
1.3	Miljøgifter fra luft og nedbør	7
1.4	Menneskelig eksponering for PCB	8
2.	METODER.....	8
2.1	Prøvelokaliteter	8
2.2	Prøvetaking.....	10
2.3	Kjemisk analyse	11
3.	BAKGRUNNSDATA.....	12
3.1	Meteorologiske data for måleperiodene	12
3.2	NILUs data på luft- og nedbørskvalitet fra bakgrunnsstasjonen på Birkenes.....	13
3.3	Utslippsmålinger ved BIRs avfallsforbrenningsanlegg.....	14
4.	RESULTATER	16
5.	DISKUSJON	18
6.	ANBEFALINGER	20
7.	REFERANSER	21
8.	VEDLEGG.....	23
8.1	Rådata for PCB i nedbørsprøver	23
8.2	PCB i jordprøver	24
8.2.1	Resultater PCB ₇ i jordprøver.....	24
8.2.2	PCB ₇ -profiler i jordprøver fra 5 lokaliteter i Bergensområdet.....	26

1. INNLEDNING

1.1 Mål for undersøkelsen

Etter at flere undersøkelser har påvist polyklorerte bifenyler (PCB) i ulike prøvemedier i Bergensområdet tok miljøenheten i Bergen kommune et initiativ sammen med Norges geologiske undersøkelse (NGU) for å kartlegge i hvor stor grad PCB tilføres området via nedbør. Vi ønsket å studere omfanget av våtdeposisjon blant annet på grunn av de store nedbørsmengdene i Bergen. Det var derfor interessant å sette ut et nettverk av nedbørsprøvetakere i perioder med mye nedbør for å kunne anslå et eventuelt bidrag fra nedbør i antall gram pr. år, eller nedfall pr. m². Slike data ville være interessante for å vurdere bidraget fra våtdeposisjon opp mot andre, eventuelle lokale, kilder til PCB-forurensning i Bergen. I "Tiltaksplan for Bergen havn" er det rapportert høye konsentrasjoner av PCB i sedimentene i havnebassenget ved Bergen (Kryvi m.fl., 2005). Det er altså interessant å se på hvor mye av denne belastningen som kan tilskrives nedfall via nedbør. I tillegg vil det kunne gi informasjon om eventuell atmosfærisk tilførsel av PCB til andre områder, f.eks. til drikkevannskilden Svartediket utenfor Bergen.

1.2 NGUs tidligere miljøprosjekter i Bergen

"Urban Risk" er et prosjektsamarbeid mellom Norges geologiske undersøkelse (NGU), Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) og Fylkesmannen i Hordaland som omfatter studier av miljøgifter i byområder. Undersøkelser av byjord, sandfangsmasser og bygningsmaterialer i Bergen har så langt pekt på flere spesifikke kilder til miljøgiften polyklorerte bifenyler (PCB), og hvordan denne miljøgiften spres fra det urbane miljøet til havnebassenget. I tillegg til PCB er også andre miljøgifter som f.eks. tungmetaller og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) studert.

Prosjektet startet med en prøvetaking av sandfangsmaterialer for å undersøke spredningen av miljøgifter over tette flater i Bergen sentrum og områdene langs havnebassenget fra Laksevåg til Bergenhus (Jartun m.fl., 2005). Tidligere er det foretatt omfattende undersøkelser av byjordsforurensning (Ottesen og Volden, 1999) og bygningsmaterialer (Andersson m.fl., 2002 og 2003a). Disse undersøkelsene har vist at det finnes kilder til PCB i Bergen i et større omfang enn i andre norske byer som er undersøkt (se bl.a. Andersson m.fl., 2003a og 2003b; Jartun m.fl., 2002; Jartun og Volden, 2006). Den viktigste kilden til PCB i Bergen har vist seg å være murfasader fra 1950-, 60- og 70-tallet. Det er funnet til dels svært høye konsentrasjoner av PCB i både maling og murpuss fra skoler, borettslag og andre typer bygninger og konstruksjoner som er bygget eller pusset opp i denne tidsperioden. Undersøkelsene av miljøgiftinnholdet i sandfangsmaterialer har vist at forurensningskildene er aktive, det vil si at spredningen av PCB fra disse kildene foregår i nåtid (Jartun m.fl., 2005). Dette er antakelig en kontinuerlig, diffus prosess påvirket av naturlig forvitring av bygningsfasadene i det bergenske klimaet. I tillegg vil miljøgiftene som finnes i fasadene kunne mobiliseres ved en eventuell rehabilitering og riving av bygningene. Miljøgiftene vil da være bundet i partikulær form til malingsflak, betongstøv og jord, men overflateavrenning forårsaket av regn på tette flater vil lett kunne frakte miljøgiftene videre til avløpsnett hvor de i en overløpsituasjon spres direkte til havnebassenget.

De marine sedimentene i Bergen havn er forurenset med PCB, PAH og ulike tungmetaller (Kryvi m.fl., 2005). Med tanke på en eventuell opprydding i de forurensete sedimentene, er det viktig å undersøke hvilke miljøgifter, og hvor stor mengde av disse, som kan tilføres havnebassenget via aktive kilder på land. Sandfangsundersøkelsen (Jartun m.fl., 2005) har satt

det første søkelyset på dette. I arbeidet med å bedømme betydningen av lokale, urbane forurensningskilder har NGU nå foretatt en undersøkelse av nedbør for å skaffe informasjon om hvor stor del av miljøgiftbelastningen i Bergen som kan skyldes innholdet i luft og nedbør.

1.3 Miljøgifter fra luft og nedbør

Stoffgruppen polyklorerte bifenyler (PCB) består av 209 teoretisk mulige forbindelser kalt kongenerne. I norske miljøundersøkelser er det vanlig å rapportere innholdet av 7 utvalgte kongenerne som benevnes PCB₇, og består av PCB-kongenerne med IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) nr. 28, 52, 101, 118, 138, 153 og 180. Det er viktig å merke seg at i enkelte undersøkelser fra litteraturen kan konsentrasjonen av total-PCB være oppgitt. Alle NGUs undersøkelser benytter imidlertid PCB₇. PCB-kongenerne er lite løselige i vann, men kan adsorberes på partikler og bindes til organisk materiale. De lavklorerte kongenerne (lave IUPAC-nummer) er mer flyktige, og innholdet av disse vil teoretisk kunne dominere over de tyngre PCB-kongenerne i luft. Regn og snø vil kunne vaske ut partikler og aerosoler fra atmosfæren, noe som, i tillegg til tørravsetning, vil føre til at miljøgifter som er sorbert i eller på partiklene vil bli deponert på jordoverflata.

Det eksisterer relativt få undersøkelser av PCB i nedbørsprøver fra Norge. FFI gjennomførte to prøvetakinger på Haakonsvern orlogsstasjon i forbindelse med oppryddingen av PCB-forurensede sedimenter, og de skilte mellom partikulært og løst PCB i nedbørsprøvene. I den partikulære fasen var konsentrasjonene opp mot 27 ng/L (PCB₇) mens i den løste fasen var konsentrasjonen 0,76 ng/L (Johnsen m.fl., 2003). NILU har en prøvetakingsstasjon ved Birkenes på Sørlandet som overvåker atmosfære- og nedbørskjemi, bl.a. PCB₇-konsentrasjoner. Årsmiddelkonsentrasjonen for PCB₇ i nedbør var 0,20 ng/L i 2004 og 0,21 ng/L i 2005 (Aas m.fl., 2005; Aas m.fl., 2006).

I en undersøkelse fra Østersjøen (Baltic Sea) ble det funnet en medianverdi for totalt-PCB (51 identifiserte kongenerne) i nedbør på 2,3 ng/L, og en beregnet tilførsel av PCB til hele Østersjøområdet på 390 kg/år (Agrell m.fl., 2002). PCB ble ikke påvist i noen nedbørsprøver fra et urbant område rundt Rieti i Italia (Guidotti m.fl., 2000). Nedbørsprøver fra Kreta, Hellas, hadde totalkonsentrasjoner av PCB (54 påviste kongenerne) fra 1,0-3,6 ng/L i en marin bakgrunnsstasjon, og 0,7-5,3 ng/L i byen Heraklion (Mandalakis og Stephanou, 2004). En undersøkelse fra Sverige viste at PCB-belastningen via nedbør på et område varierte fra 0,2 – 565 µg/m²·år (Backe m.fl., 2002).

NILU gjennomførte i samarbeid med SFT en undersøkelse av tilførslene av ulike miljøgifter til Mjøsa i 2005. Resultatene viste at tilførselen av PCB fra atmosfæren til Mjøsa var viktig i forhold til tilførselen fra elver og renseanlegg. Konsentrasjonene i luft var imidlertid stort sett på nivå med NILUs bakgrunnsstasjoner, men det ble pekt på mulig langtransportert PCB fra Osloregionen og fra utlandet (Breivik m.fl., 2005). Atmosfæren er en viktig transportveg for miljøgifter i gassform og sorbert på/i partikler. Det er også vist at atmosfæren i urbane områder kan inneholde 10 – 100 ganger så mye PCB sammenlignet med det som betraktes som bakgrunnsområder (Jaward m.fl. 2004; K.C.Jones personlig meddelelse). Slike undersøkelser viser at lokale kilder kan gi økt konsentrasjon av PCB i luft i forhold til målte bakgrunnsverdier. Enkelte undersøkelser antyder at avdampning av PCB fra overflater i kontakt med luft (f.eks. utvendige fasader) øker med økende temperatur (Wania m.fl., 1998; Breivik m.fl., 2004), og at de lavklorerte PCB-kongenerne (f.eks. nr. 28, 52 og 101) er mer egnet for langtransport enn de høyklorerte som lettere vil avsettes tidlig i en spredningsprosess. Slike undersøkelser påpeker at PCB kan fraktes over store områder, fra

sydligere strøk hvor PCB har vært framstilt og brukt i langt større omfang, til nordlige områder via en kondensasjonsprosess.

1.4 Menneskelig eksponering for PCB

Vi mennesker kan få i oss miljøgifter via en rekke eksponeringsveger. Den viktigste er via maten vi spiser. I tillegg kan vi få i oss PCB via drikkevann og via luften vi puster, men disse to eksponeringsvegene er av mindre betydning. Opptak via huden har også blitt demonstrert i flere utenlandske studier (f.eks. Wester et al., 1993 ; Garner and Matthews, 1998). I Finland er det beregnet et gjennomsnittlig totalt PCB-inntak via mat på 0,24 µg/kg kroppsvekt, som tilsvarer 14,4 µg/dag for en person som veier 60 kg. I Sverige er det vist et inntak via mat på 0,05 µg/kg kroppsvekt. Det er vanskelig å beregne hva som anses som tolerabelt daglig inntak for PCB (TDI), men i Tyskland er det foreslått 1-3 µg/kg kroppsvekt (WHO, 2000).

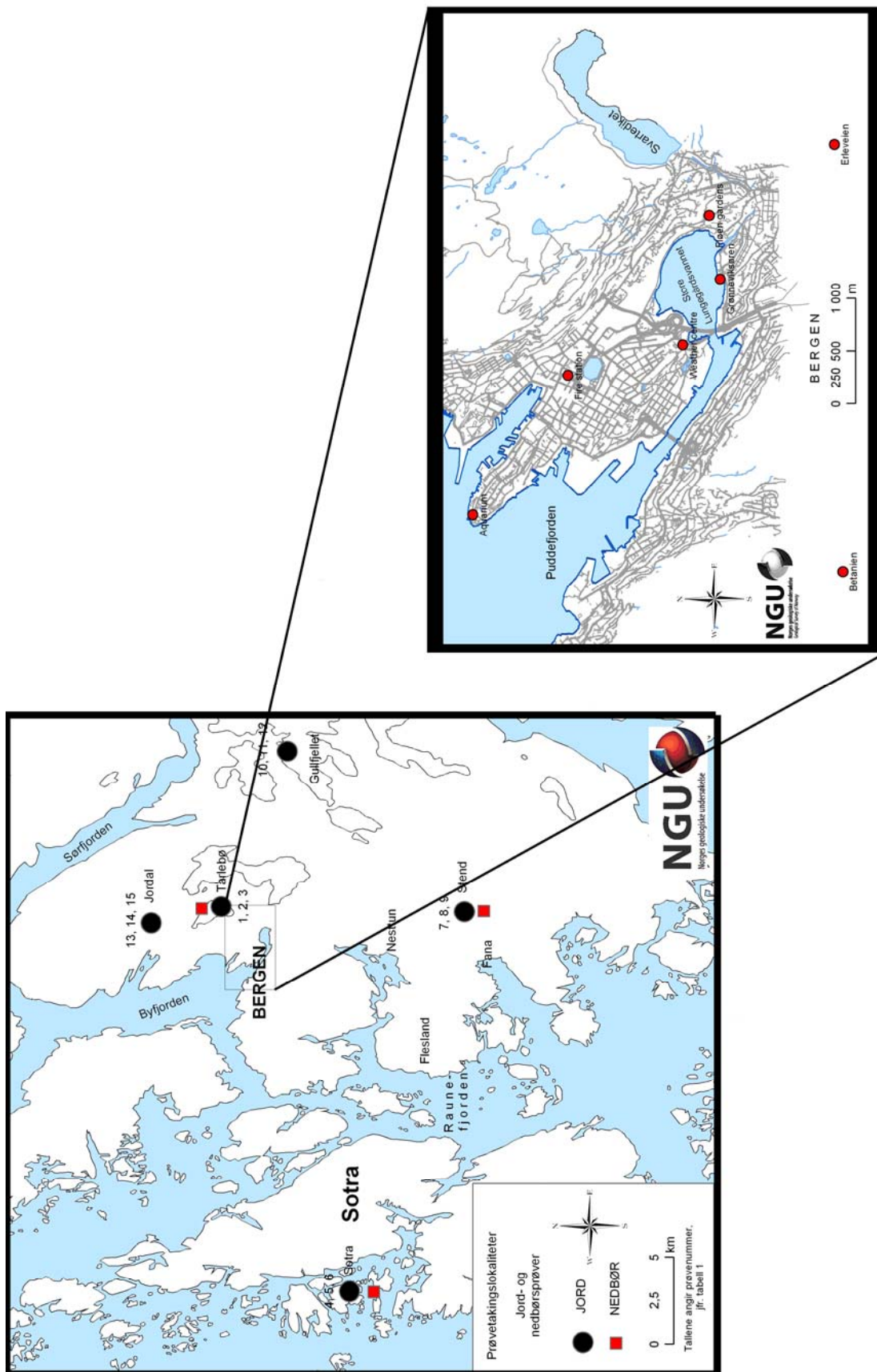
2. METODER

2.1 Prøvelokaliteter

Innsamling av nedbør ble foretatt i 2 perioder høsten 2005 og høsten 2006. I første omgang valgte vi ut 3 lokaliteter i og rundt Bergen basert på statistikk over nedbørsintensitet og nærhet til en sannsynlig viktig kilde, nemlig Bergen by. Det ble også tatt tre jordprøver fra hver av disse lokalitetene samt fra ytterligere 2 lokaliteter for å se om nedbørsintensitet kan kobles til konsentrasjon av miljøgifter bundet i jorda. Resultater for jordprøvene er vist i Vedlegg, kapittel 8.2. Prosjektet ble utvidet etter nedbørundersøkelsene på Sotra, Stend og Tarlebø med en oppfølgende innsamling høsten 2006. Lokalitetene Stend og Tarlebø fra første runde ble inkludert i den oppfølgende undersøkelsen i tillegg til åtte nye lokaliteter (Bergen sentrum brannstasjon, Værvarslinga (Florida) x 2, Grønneviksøren, Fløen parsellag, Erleveien, Akvariet og Hospitalet Betanien). De nye lokalitetene ble konsentrert i nærheten av Bergen sentrum, se innfelt i Figur 1. Informasjon om alle nedbørslokalitetene er presentert i Tabell 1 under. Lokalitetene er angitt på kartet i Figur 1 på neste side.

Tabell 1. Lokaliteter for nedbørsprøver i Bergensområdet

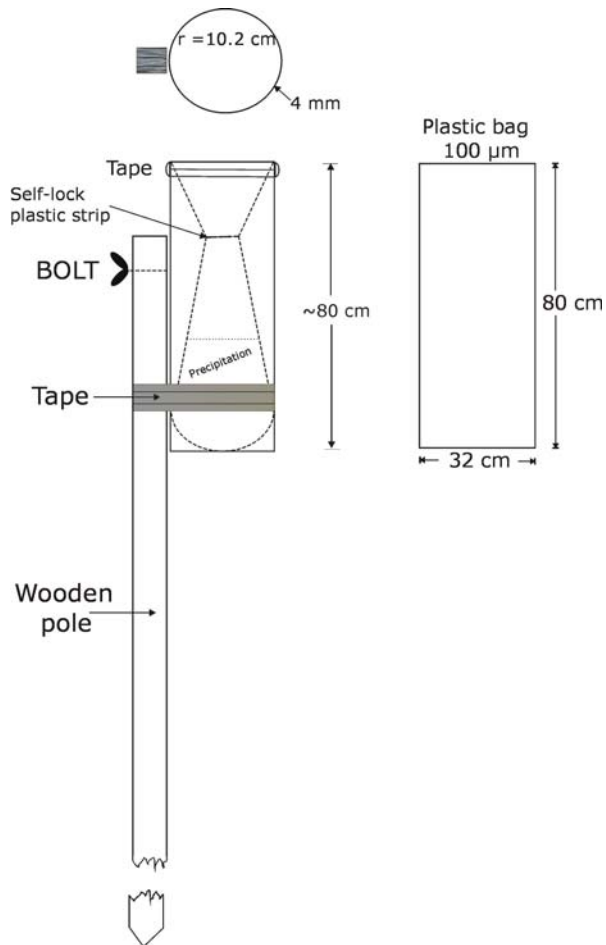
Lokalitet	Prøve ID	Koord. Øst UTM32N	Koord. Nord UTM32N	Prøvetakingsperiode	Gj.snitt nedbør (mm/år)
Sotra	Sotra	277515	6694687	18.10.05 – 08.11.05	ca 1500
Stend (Fana)	Stend_orig	299798	6687944	18.10.05 – 08.11.05	ca 2040
	03_Stend	299798	6687944	27.11.06 – 18.12.06	
Tarlebø	Tarlebø_orig	300126	6702196	18.10.05 – 08.11.05	ca 2850
	01_Tarlebø	300126	6702196	27.11.06 – 18.12.06	
	02_Tarlebø	300126	6702196	27.11.06 – 18.12.06	
Brannstasjon	04_Brannstasjon	297645	6700742	27.11.06 – 18.12.06	ca. 2250
Værvarslinga	05_Værvarsling 1	297795	6699662	27.11.06 – 18.12.06	ca. 2250
	09_Værvarsling 2	297795	6699662	18.12.06 – 08.01.07	
Grønneviksøren	06_Grønneviksøren	298501	6699281	18.12.06 – 08.01.07	ca. 2250
Fløen parsellag	07_Fløen	299463	6699618	18.12.06 – 08.01.07	ca. 2250
Erleveien	08_Erleveien	299743	6698003	18.12.06 – 08.01.07	ca. 2250
Akvariet	10_Akvariet	296390	6701685	18.12.06 – 08.01.07	ca. 2250
Betanien hospital	11_Betanien	295851	6698551	18.12.06 – 08.01.07	ca. 2250



Figur 1. Lokalteter for nedbørsprøver i Bergensområdet. Lokaltetene Tarlebø og Stend fra første runde var også med i den oppfølgende undersøkelsen.

2.2 Prøvetaking

På de tre lokaliteter i første runde ble det satt ut 2 nedbørssamlere i en avstand på ca. 50 m. fra hverandre. På de 11 lokalitetene i den oppfølgende undersøkelsen, ble det kun brukt 1 nedbørssamler pr. lokalitet, da volumet fra én samler viste seg å være tilstrekkelig for kjemisk analyse. Plastrør med en diameter på ca. 20 cm ble montert på trestokker, og en tykk plastpose (ca. 10 L) ble festet oppi røret (se skisse av prøvetakeren i Figur 2, samt bilde i Figur 3).



Figur 2. Skisse av prøvetakeren montert på en trestokk.



**Figur 3. Montering av nedbørssamlere. Plastposer á ca. 10 L ble montert i store plastrør.
Foto: H.Bjrdal**

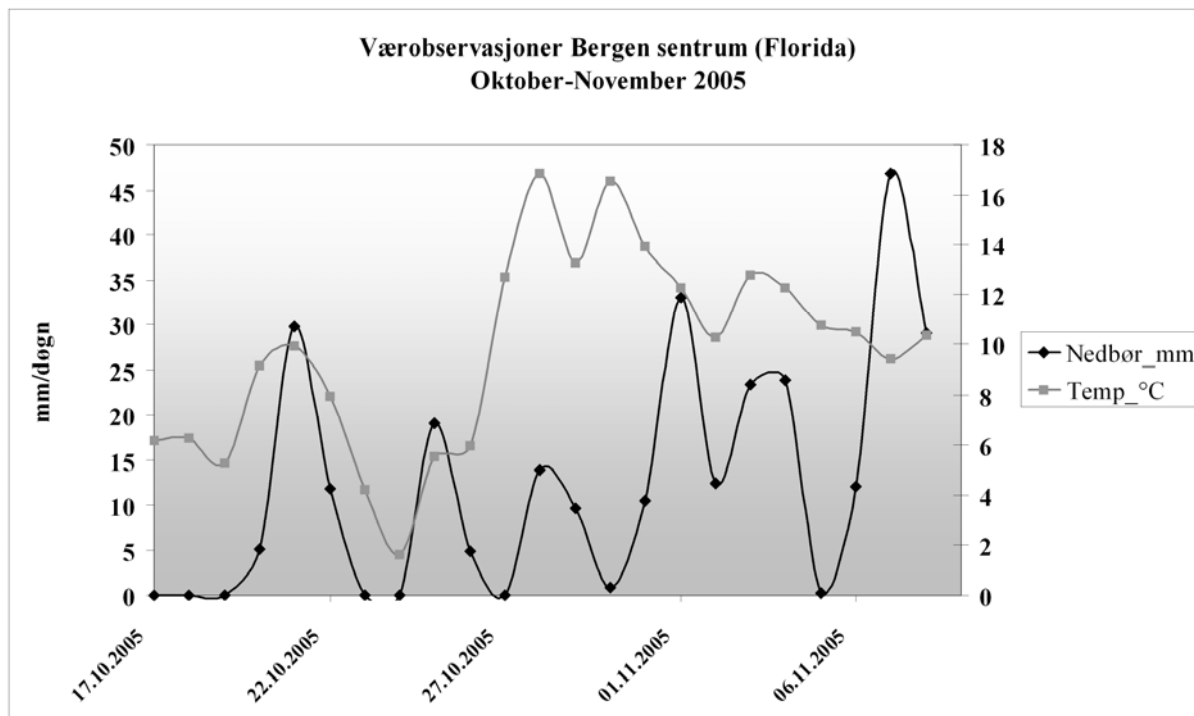
Nedbørssamlerne ble satt opp i åpent terreng for å unngå nedfall fra trær og busker. Det ble laget en innsnevring i posene for å hindre insekter, løse blad osv. å komme ned i prøveposen samt for å forhindre fordamping. Metoden er basert på nedbørsprøvetaking fra Kola-halvøya (se bl.a. Reimann m.fl., 1997 ; Chekushin m.fl., 1998 ; Volden m.fl., 1999). Nedbørssamlerne i første runde sto ute fra 18.oktober til 8.november 2005. Den oppfølgende perioden var delt i to, fra 27.november til 18. desember 2006, og fra 18.desember til 8.januar 2007. Ved innsamling av nedbørsprøvene ble det klippet et lite hull i posen, og vannet ble overført til rene plastflasker som ble sendt til NILUs laboratorium for bestemmelse av PCB.

2.3 Kjemisk analyse

Bestemmelsen av PCB i nedbørsprøver ble utført ved NILUs akkrediterte laboratorium på Kjeller. Nedbørsprøvene ble ekstrahert med pentan, og innholdet av 32 ulike PCB-kongenere (inkludert PCB₇) ble bestemt ved hjelp av GC/MS. I denne bestemmelsen ble både summen av løst PCB i vannfase og partikulært bundet PCB medregnet.

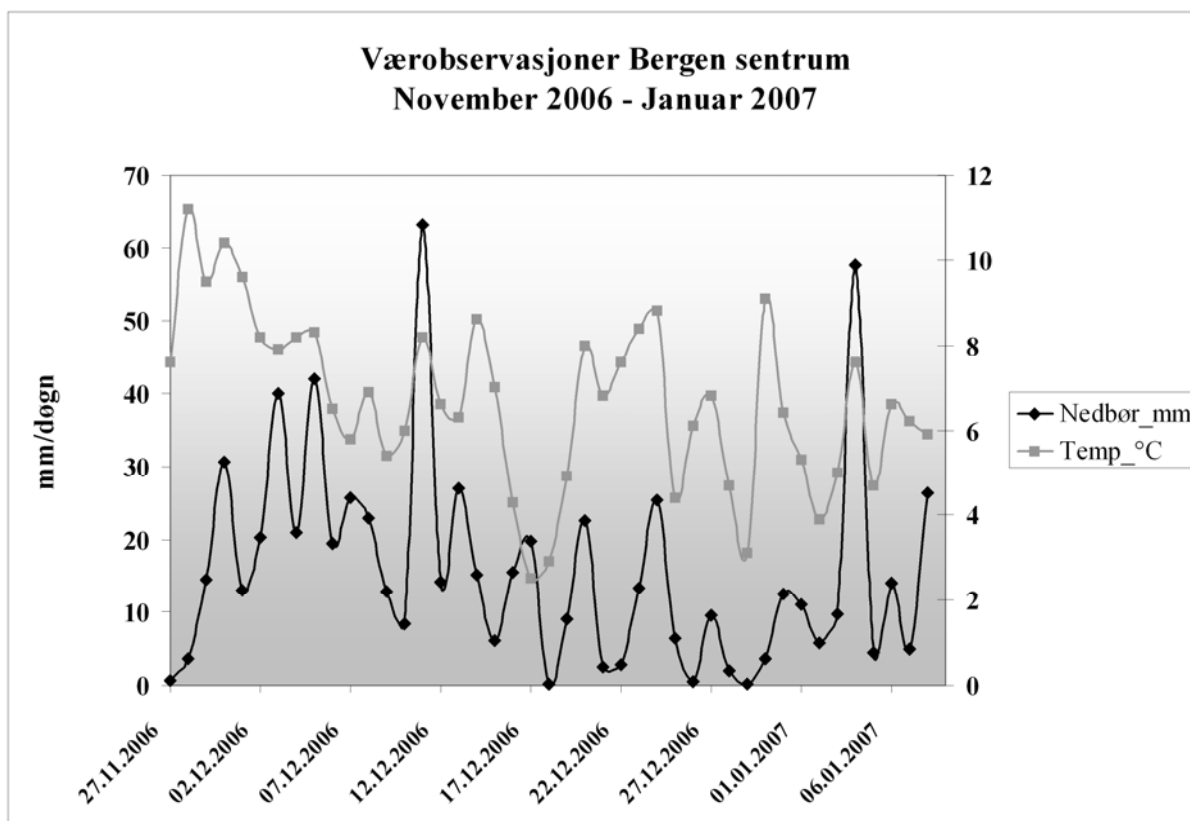
3. BAKGRUNNSDATA

3.1 Meteorologiske data for måleperiodene



Figur 4. Værobservasjoner fra Bergen sentrum (Florida) i perioden 17.oktober – 8.november 2005 (totalt 286 mm nedbør).

Figur 4 viser temperatur og nedbørsmengder i Bergen sentrum fra den første perioden med nedbørsprøvetaking. Meteorologisk institutt registrerer værobservasjoner som vindretning, vindhastighet, nedbør og lufttemperatur hver time av døgnet i Bergen sentrum. Observasjonene i våre måleperioder er generert av forskningsleder Magnar Reistad ved Meteorologisk institutt – Værvarslina på Vestlandet.



Figur 5. Værobservasjoner fra Bergen sentrum (Florida) i måleperiodene 27/11-18/12 06 (totalt 421,9 mm nedbør) og 18/12-06 – 8/1-07 (totalt 243,9 mm nedbør).

Figur 5 viser temperatur og nedbørsmengder for Bergen sentrum (Florida) i hele måleperioden 27.november 2006 til 8.januar 2007, da nedbørssamlerne i andre runde stod ute. Det ble samlet inn nedbørsprøver fra fem lokaliteter (01-05 fra 0) fra 27.november til 18.desember 2006, og seks lokaliteter (06_11 fra 0) fra 18.desember 2006 til 8.januar 2007. Måleperioden omfattet til sammen 43 sammenhengende dager, og det ble registrert nedbør i Bergen sentrum samtlige døgn. Dette var midt i en periode da det ble registrert 85 sammenhengende døgn med målbar nedbør, og total nedbørsmengde i perioden var 665,8 mm registrert ved målestasjonen på Meteorologisk institutt, Florida.

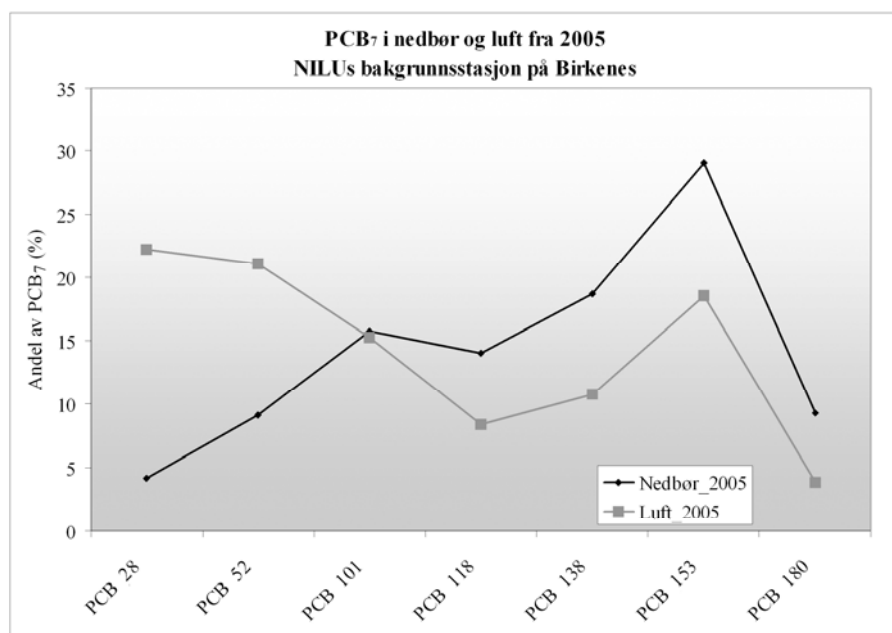
Hovedvindretningen i perioden 18.oktober – 8.november 2005 var fra sør-sørøst (S-SE, 76 % av tida). Vinden blåste fra NW 13 % av tida, fra SW 7 % av tida og fra NE 4 % av tida. All nedbør kom som regn i denne perioden. Hovedvindretningen i måleperioden 27.november 2006 – 8.januar 2007 var fra S-SE (75 % av tida). Ellers var det luftstrømmer fra N-NW 12 % av tida, fra S-SW 11 % av tida og fra N-NE 2 % av tida. All nedbør kom i form av regn også i denne perioden.

3.2 NILUs data på luft- og nedbørskvalitet fra bakgrunnsstasjonen på Birkenes

NILU foretar på oppdrag fra SFT målinger av tungmetaller og enkelte organiske forbindelser (inkludert PCB₇) i luft og nedbør ved en målestasjon på Birkenes i Aust-Agder. Målingene rapporteres årlig. Gjennomsnittskonsentrasjonene av PCB₇ for 2004 og 2005 i luft og nedbør fra denne målestasjonen er angitt i Tabell 2 (Aas m.fl., 2005 ; Aas m.fl., 2006). PCB₇-profilene for luft og nedbør er gitt i Figur 6.

Tabell 2. Gjennomsnittsdata for PCB₇-konsentrasjoner i luft og nedbør fra NILUs bakgrunnsstasjon på Birkenes i Aust-Agder.

Kongener	Luft			Nedbør		
	Enhet	2004	2005	Enhet	2004	2005
PCB 28	ng/m ³	0,00161	0,00155	ng/L	0,016	0,015
PCB 52	ng/m ³	0,00137	0,00147	ng/L	0,027	0,021
PCB 101	ng/m ³	0,00080	0,00106	ng/L	0,039	0,035
PCB 118	ng/m ³	0,00031	0,00058	ng/L	0,025	0,028
PCB 138	ng/m ³	0,00035	0,00075	ng/L	0,028	0,035
PCB 153	ng/m ³	0,00063	0,00129	ng/L	0,048	0,055
PCB 180	ng/m ³	0,00019	0,00027	ng/L	0,014	0,018
Sum PCB ₇	ng/m ³	0,00526	0,00697	ng/L	0,197	0,207



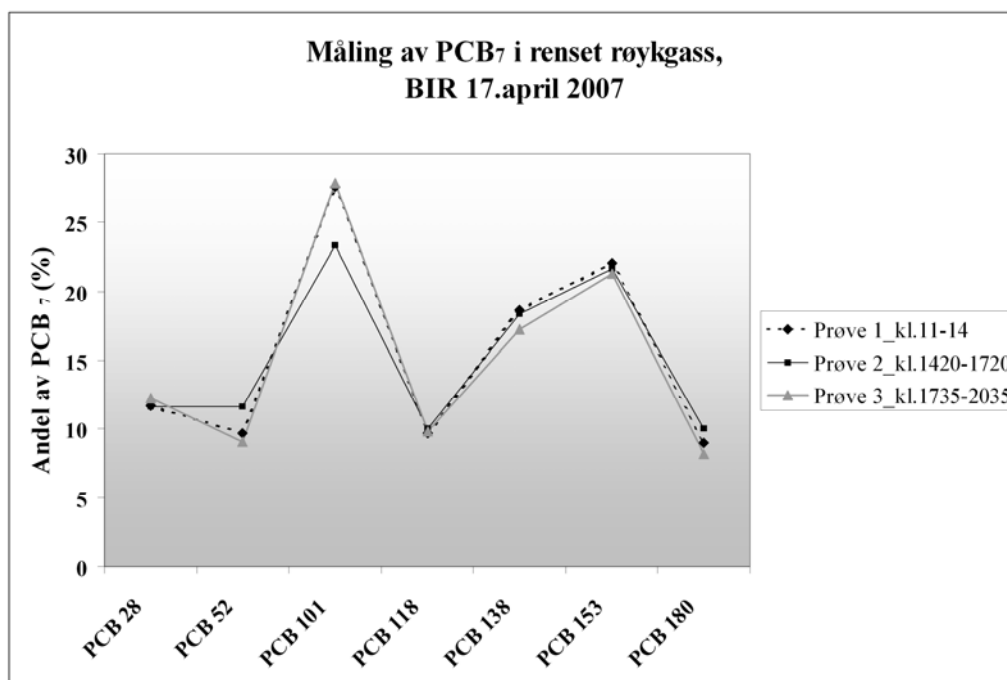
Figur 6. PCB₇-profiler i luft og nedbør fra NILUs bakgrunnsstasjon på Birkenes 2005 (Aas m.fl., 2005 ; Aas m.fl., 2006).

3.3 Utslippsmålinger ved BIRs avfallsforbrenningsanlegg

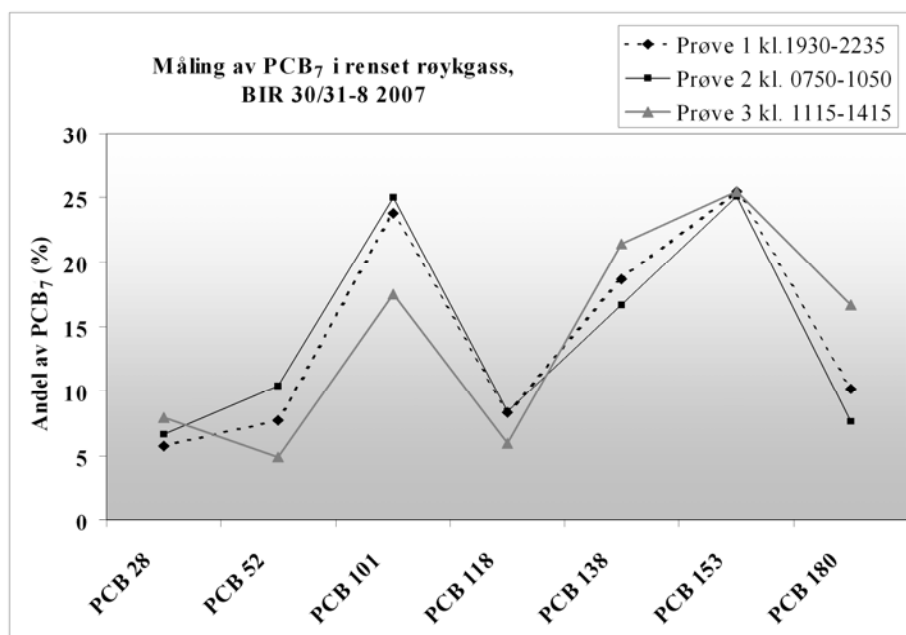
Det er foretatt svært få målinger av PCB i rensert røykgass fra forbrenningsanlegg i Norge, men etter ønske fra NGU og miljøsjefen i Bergen kommune var BIR (Bergenområdets Interkommunale Renovasjonsselskap) svært imøtekomende for å inkludere en bestemmelse av PCB₇ i noen av sine regelmessige utslippsmålinger for 2007. Det er foreløpig ikke krav om bestemmelse av PCB i noen av komponentene fra en forbrenning, som rensert røykgass, slam eller støv. Det stilles imidlertid strenge krav til rensing av røykgass for å begrense utslipp av bl.a. dioksiner. Etter henvendelse fra Bergen kommune og NGU gjorde BIR en test på innholdet av PCB₇ i rensert røykgass i tre prøver fra to døgn i 2007 (17.april og 30/31 august). Innholdet kan derfor ikke direkte relateres til konsentrasjonene som er funnet i nedbørsprøvene som ble samlet inn et halvt år tidligere. Likevel var dette en første sjekk for å vurdere forbrenningsanlegget som en mulig kilde til PCB i luft/nedbør i Bergensområdet. BIRs avfallsforbrenningsanlegg ligger i Rådalen noen kilometer nordvest for prøvelokaliteten Stend i vår nedbørsundersøkelse (se Figur 1). Tabell 3 viser resultatene fra de første testene på PCB₇ i rensert røykgass. Figur 7 og Figur 8 viser profilene for PCB-kongenerne som inngår i PCB₇.

Tabell 3. Test på utslipp av PCB i renset røykgass fra BIRs avfallsforbrenningsanlegg i Rådalen, 17.april og 30-31.august 2007. Det ble tatt tre målinger på ulike tidspunkt pr.døgn.

Kongener	Enhet	17.04.2007			30-31.08.2007		
		1	2	3	1	2	3
PCB 28	ng/Nm ³	0,17	0,07	0,15	0,24	0,38	0,23
PCB 52	ng/Nm ³	0,14	0,07	0,11	0,32	0,59	0,14
PCB 101	ng/Nm ³	0,40	0,14	0,34	0,98	1,43	0,50
PCB 118	ng/Nm ³	0,14	0,06	0,12	0,35	0,48	0,17
PCB 138	ng/Nm ³	0,27	0,11	0,21	0,77	0,96	0,61
PCB 153	ng/Nm ³	0,32	0,13	0,26	1,05	1,44	0,73
PCB 180	ng/Nm ³	0,13	0,06	0,10	0,42	0,44	0,47
Sum PCB₇	ng/Nm ³	1,45	0,60	1,22	4,12	5,72	2,84



Figur 7. PCB₇-profil i renset røykgass fra BIRs avfallsforbrenningsanlegg, 17.april 2007



Figur 8. PCB₇-profil i renset røykgass fra BIRs avfallsforbrenningsanlegg, 30-31.august 2007

4. RESULTATER

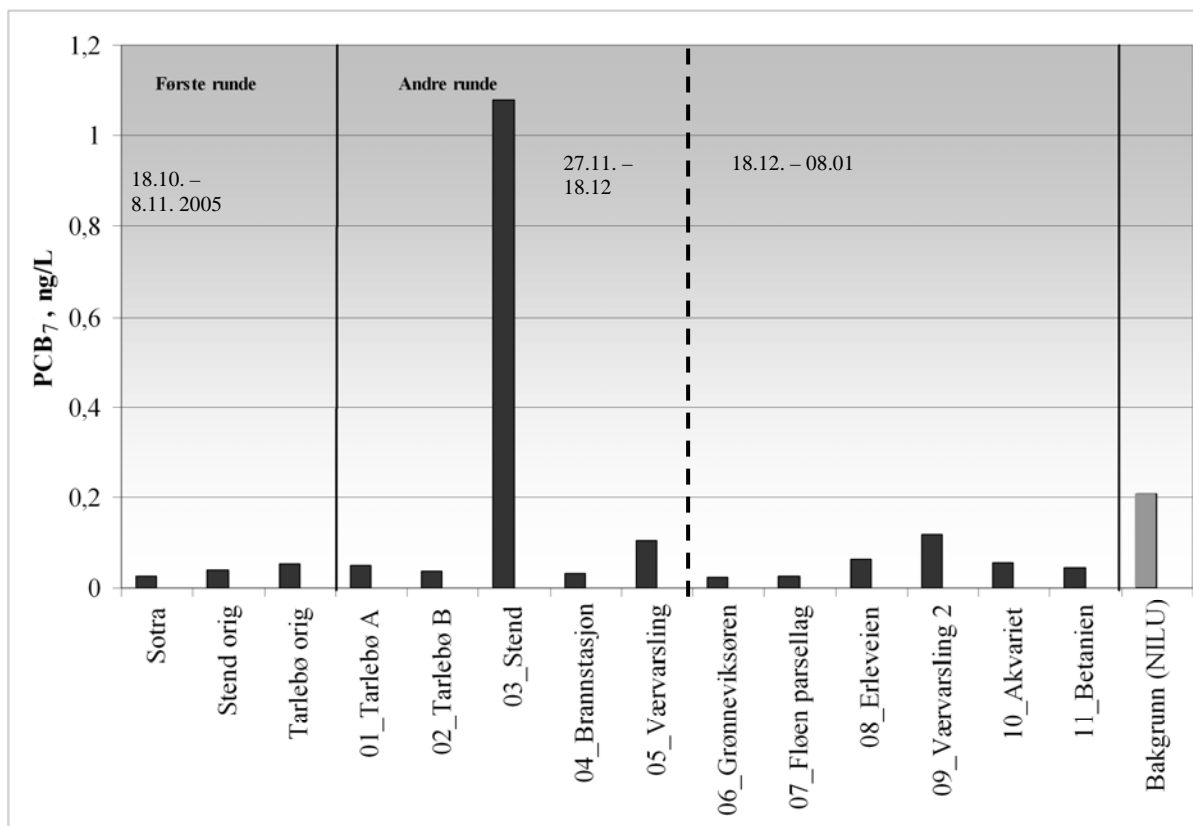
Det ble påvist PCB i alle de 3 nedbørsprøvene fra lokalitetene vist i Tabell 1 fra første runde. Konsentrasjonen av PCB₇ er lav i prøvene fra Sotra, Stend og Tarlebø (hhv. 0,0263 ; 0,0399 og 0,0522 ng/L) i forhold til NILUs bakgrunnsmålinger fra Birkenes (årgjennomsnitt på 0,207 ng/L i 2005). 0 viser konsentrasjonen av PCB₇ i nedbørsprøvene fra de tre originale lokalitetene (første runde), se kart i Figur 1. For nedbørsprøvene er også konsentrasjonen av enkelte andre PCB-kongenere (tilsammen 32), som ikke omfattes av PCB₇, bestemt. Disse tallene er angitt i Tabell 5 i Vedlegg.

Lokalitetene for nedbørssamlerene i andre runde ble konsentrert rundt Bergen sentrum for å undersøke hvorvidt bylufta har noen innvirkning på innholdet av PCB i den lokale nedbøren. Tarlebø og Stend fra første runde ble også inkludert i denne undersøkelsen.

Tabell 4 og Figur 9 viser konsentrasjonen av PCB₇ i samtlige nedbørsprøver fra Bergensområdet. Konsentrasjonene er oppgitt i ng/L, og lokalitetene er angitt i Figur 1.

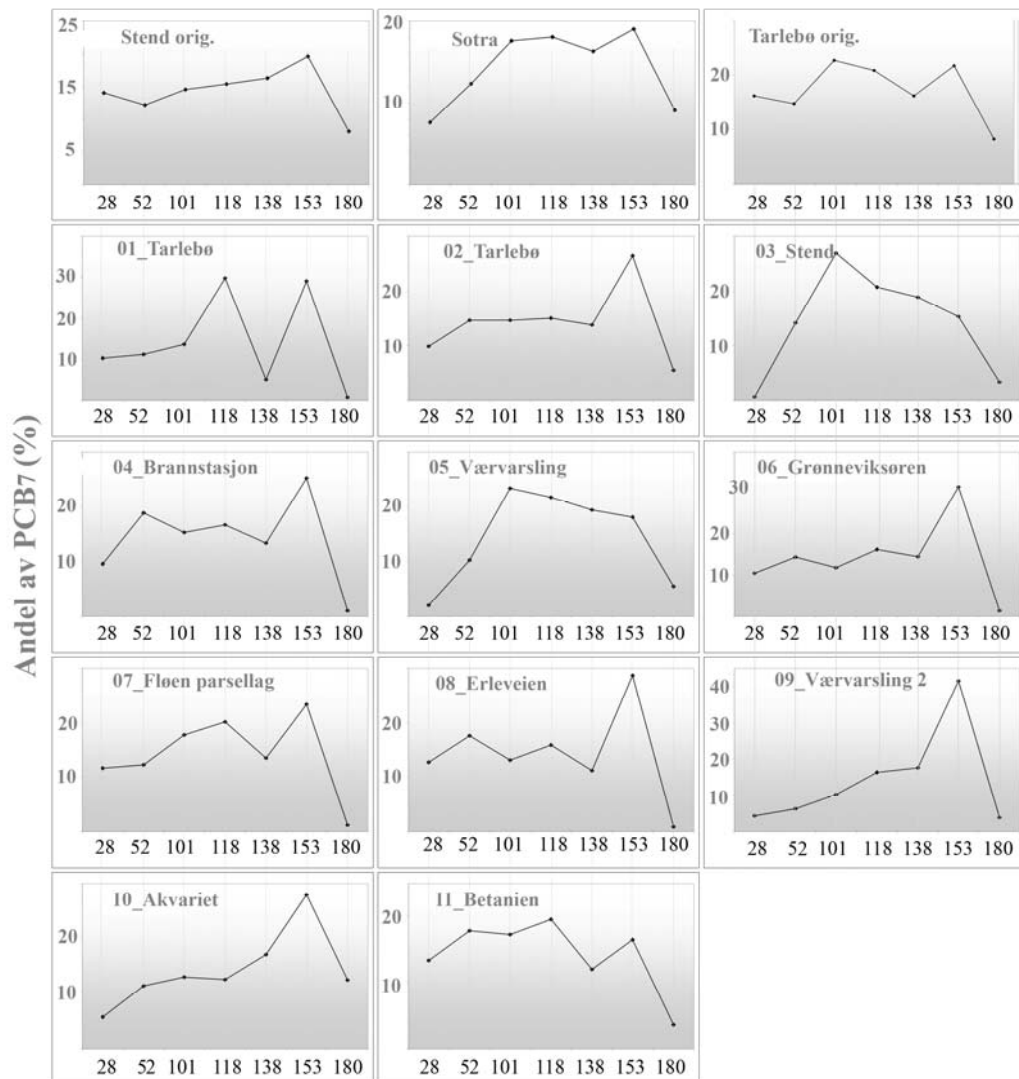
Tabell 4. Oversikt over PCB₇-konsentrasjoner i alle nedbørsprøver. De tre øverste prøvene er fra første runde, og er merket med grått. Måleperioden er også angitt for alle prøver.

Lokalitet	Periode	Sum	PCB	PCB	PCB	PCB	PCB	PCB	PCB
		PCB ₇	28	52	101	118	138	153	180
		ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L
Sotra	18/10 – 8/11 2005	0,0263	0,00199	0,00324	0,00462	0,00475	0,00429	0,00500	0,00239
Stend orig	18/10 – 8/11 2005	0,0399	0,0056	0,00485	0,00579	0,00612	0,0065	0,00781	0,00323
Tarlebø orig	18/10 – 8/11 2005	0,0522	0,00701	0,0064	0,00983	0,00902	0,00701	0,0094	0,00357
01_Tarlebø A	27/11 – 18/12 2006	0,0499	0,00515	0,00557	0,00682	0,0149	0,00251	0,0145	0,00038
02_Tarlebø B	27/11 – 18/12 2006	0,0369	0,00364	0,00542	0,0054	0,00554	0,00508	0,00977	0,00202
03_Stend	27/11 – 18/12 2006	1,080	0,00648	0,153	0,290	0,224	0,204	0,166	0,0358
04_Brannstasjon	27/11 – 18/12 2006	0,0310	0,00296	0,00584	0,00473	0,00517	0,00414	0,00781	0,00032
05_Værvarsling 1	27/11 – 18/12 2006	0,103	0,00205	0,0106	0,0241	0,0223	0,0199	0,0186	0,00565
06_Grønneviksøren	18/12 – 8/1 2007	0,0236	0,00247	0,0034	0,00278	0,00384	0,00342	0,00742	0,00031
07_Fløen parsellag	18/12 – 8/1 2007	0,0263	0,00307	0,00323	0,00467	0,00529	0,00355	0,00615	0,00031
08_Erleveien	18/12 – 8/1 2007	0,0648	0,00825	0,0114	0,00849	0,010,3	0,00726	0,0186	0,00054
09_Værvarsling 2	18/12 – 8/1 2007	0,117	0,00495	0,00736	0,0119	0,0191	0,0206	0,0486	0,00453
10_Akvariet	18/12 – 8/1 2007	0,0569	0,00326	0,00645	0,00739	0,00711	0,00968	0,0159	0,00705
11_Betanien	18/12 – 8/1 2007	0,0457	0,00609	0,00814	0,00787	0,00894	0,00546	0,00753	0,00164



Figur 9. Konsentrasjonen av PCB₇ i alle nedbørspøvene fra Bergensområdet, med NILUs bakgrunnsstasjon på Birkenes som referanse.

PCB₇-profilene i Figur 10 angir den prosentvise andelen som hver av de syv kongenerne utgjør av summen (PCB₇). Vi har valgt å vise hver prøve for seg, derfor vil verdien på y-aksen variere noe fra prøve til prøve. Ulike land har siden 1920-30-tallet produsert tekniske PCB-blandinger og produkter med en varierende kloreringsgrad og en spesifikk andel av de 7 kongenerne i PCB₇ (se bl.a. Konieczny og Mouland, 1997). Det er dermed mulig å foreta en visuell eller statistisk sammenligning av profiler fra prøver og standardprofiler. Denne identifikasjonen vil ikke være eksakt, men kan gi informasjon om en eventuell kilde til lokal eller langtransportert forurensning. Det er viktig å merke seg at kongenersammensetningen kan endres i naturen da de 7 kongenerne som inngår i PCB₇ har ulike egenskaper og kan brytes ned eller spres på forskjellige måter.



Figur 10. PCB₇-profiler for samtlige nedbørsprøver fra Bergensområdet, jfr. lokalitetene i 0.

5. DISKUSJON

Kommentarer til resultatene med anslag for våtdeposisjon

Konsentrasjonene av PCB₇ som er funnet i nedbøren i Bergensområdet er svært lav sammenlignet med hva vi kan regne som en bakgrunn, basert på NILUs undersøkelser fra Birkenes (Aas m.fl., 2005 og 2006). Gjennomsnittskonsentrasjonen av PCB₇ for alle prøver er 0,125 ng/L, og mediankonsentrasjonen er 0,0478 ng/L. Gjennomsnittet dras opp av én enkeltkonsentrasjon av PCB₇ på 1,079 ng/L fra Stend i perioden 27.11. – 18.12. 2006. Ut fra den årlige gjennomsnittlige nedbøren i området (2250 mm/år i Bergen sentrum) samt mediankonsentrasjon av PCB₇ funnet i prøvetakingsområdet (0,1252 ng/L), har vi beregnet hvor mye PCB som kan tilføres via våtdeposisjon (nedbør) i løpet av ett år. Hvis man antar et totalt prøvetakingsareal på 200 km², som omfatter hele området Bergen sentrum, Tarlebo, Sotra og ned til Stend som er den sydligste lokaliteten, og man tillegger hele dette området den årlige, gjennomsnittlige nedbørsmengden og mediankonsentrasjonen av PCB₇ i nedbøren,

vil det totalt falle ned ca. 21 g PCB₇ i løpet av ett år, eller 0,11 $\mu\text{g m}^{-2}\text{år}^{-1}$. Hvis vi derimot bruker den høyeste målte nedbørsmengden innenfor området (2850 mm/år ved Tarlebø) og den høyeste PCB₇-konsentrasjonen som ble målt (1,079 ng/L ved Stend), kan vi regne ut en verste-fall situasjon ut fra våre data. Totalt vil det da falle ned ca. 615 g PCB₇ innenfor området på 200 km² pr år, eller ca. 3,1 $\mu\text{g m}^{-2}\text{år}^{-1}$. Hvis vi antar at all PCB₇ bindes i de 10 øverste cm av jorda i området, vil hver kg jord i så fall tilføres ca. 0,015 μg PCB₇ i året. I Bergen er det i NGUs tidligere undersøkelser av byjord og sandfangsmaterialer funnet konsentrasjoner av PCB₇ på over 1 mg/kg, altså 1000 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Til tross for store nedbørsmengder i Bergensområdet, vil våtdeposisjon av PCB være en begrenset kilde ut fra de målte konsentrasjonene av PCB₇ i nedbør. FFIs undersøkelse ved Haakonsværn (Johnsen m.fl., 2003) antydte at ca. 14 g. PCB ble tilført et område på ca 0,5 km² i løpet av ett år, eller 28 $\mu\text{g m}^{-2}\text{år}^{-1}$. Det ble ikke påvist noen entydige lokale kilder i den undersøkelsen, men det viser at lokale kilder nok er viktigere enn den langtransporterte tilførselen hvis man sammenligner med våre målinger.

Utrekningene av årlig tilført mengde PCB₇ til Bergensområdet via nedbør er svært omtrentlige, og bygger kun på de få målingene vi har gjort over en begrenset tidsperiode. Hyppigere målinger, f.eks. tilsvarende NILUs målestasjon ved Birkenes, vil gi et bedre bilde på konsentrasjonen av PCB i luft og nedbør over en lengre tidsperiode. Noe av bakgrunnen for vår nedbørsundersøkelse var å studere eventuell påvirkning fra lokale kilder til PCB i nedbør. I andre prøvetakingsrunde var det registrert nedbør samtlige dager, og det er liten grunn til å tro at det i denne perioden var vesentlige bidrag fra eventuell avgassing eller støv fra lokale PCB-kilder i Bergen, som f.eks. forurensede bygningsfasader. Andelen tørrdeposisjon i våre nedbørsprøver antas derfor å være meget lav.

Lokale forskjeller – sammenligning av PCB₇-profiler

0 viser at konsentrasjonen av PCB₇ i prøvene generelt er lav, men at det er visse lokale forskjeller, f.eks. mellom prøvene i Bergen sentrum (se kart, Figur 1). Små avrundinger og analysefeil kan imidlertid gi store utslag ved så lave konsentrasjoner, og profilene i Figur 10 blir vanskelig å sammenligne direkte. Et eksempel på dette er de to prøvene fra lokaliteten Tarlebø i andre runde (01_Tarlebø og 02_Tarlebø, jfr. 0 og Figur 10). Disse to prøvetakerne sto ca. 250 m unna hverandre i samme måleperiode, men profilene fra disse to prøvene er likevel ganske forskjellige. Et fellestrekk for nedbørsprøvene er imidlertid et høyt relativt innhold av PCB-kongener nr. 153. Dette går også igjen i NILUs bakgrunnsprøver fra Figur 6. Hvis vi ser på profilet fra Stend i andre runde (03_Stend, jfr. 0 og Figur 10), så karakteriseres dette av en høy andel av PCB-kongener nr. 101 i forhold til de andre profilene. Dette er sammenfallende med profilet fra PCB₇-målingene fra avfallsforbrenningsanlegget. Selv om hovedvindretningen i måleperioden tilsier at vinden skal føre utslippene fra forbrenningsanlegget bort fra lokaliteten Stend, så kan det ikke utelukkes at utslipp kan prege konsentrasjonen av PCB i nedbørsprøven fra Stend.

Utslipp fra forbrenningsanlegg

Det har ikke vært fokusert på eventuelle utslipp av PCB fra forbrenningsanlegg i Norge tidligere. Vi ønsket derfor at BIR skulle inkludere PCB i sine utslippsmålinger for å få en første test på dette. De tre målingene som ble foretatt 17.april 2007 og 30/31.august 2007 (Tabell 3) kan ikke direkte relateres til konsentrasjonene i våre målinger av PCB₇ i nedbør, som ble foretatt fire måneder tidligere, men var en indikasjon på at forbrenningsanlegg kan være en kilde til PCB i luft. Den høyeste konsentrasjonen av PCB₇ som ble målt i rensert røykgass (5,72 ng/Nm³) ligger ca. 800 ganger over NILUs bakgrunnsverdier for PCB₇ i luft

fra Birkenes (0,00697 ng/m³, se Tabell 2). Det er viktig å bemerke at disse få enkeltmålingene fra forbrenningsanlegget ikke er nok til å si noe om totale utslipp fra slike anlegg generelt, men vi skal ikke utelukke muligheten for at PCB kan slippes ut i en forbrenningsprosess, noe som blant annet er kjent fra undersøkelser på dioksiner. Basert på disse få utslippsmålingene (max PCB₇-konsentrasjon på 5,72 ng/Nm³) vil forbrenningsanlegget i Rådalen kunne slippe ut ca. 3 g PCB₇ pr år ut fra gjennomsnittlige røykgassmengder (62700 Nm³/time). Ut fra beregningene over vil dette utgjøre 1/7 eller 1/200 av total PCB₇ tilførsel innenfor måleområdet hvis man ser på hhv. median- og max-konsentrasjon av PCB₇ i nedbøren. Vi vil likevel anbefale at det gjøres flere og hyppigere tester på PCB i alle prosesser fra forbrenningsanlegg (inn-materiale, aske og røykgass) for å få en bedre oversikt over dette bidraget til PCB-forurensning. Dette gjelder ikke bare BIRs anlegg i Rådalen, men forbrenningsanlegg over hele landet.

Hvorvidt nedbøren som faller ned i Bergensområdet er påvirket av "byatmosfæren" rundt Bergen sentrum er en interessant problemstilling. Det er fra NGUs tidligere undersøkelser kjent at Bergen er en by hvor det finnes mye PCB i bygningsmaterialer i forhold til andre norske byer. Det er også vist at PCB aktivt spres fra forurensningskilder i byen via overvannssystemet. Det er i global sammenheng gjort noen få undersøkelser på PCB i byluft, og i en undersøkelse fra University of Lancaster er det vist at byluft generelt inneholder 10 – 100 ganger mer PCB enn luft fra distriktet (Kevin C. Jones, personlig meddelelse 2004) noe som forklares med lokale kilder. Det er ikke kjent hvor viktig én enkelt PCB-forurenset bygningsfasade er med tanke på konsentrasjoner i uteluft, eller ved eventuell oppussing/riving av fasaden. Økt kunnskap om effekten av lokale kilder på luftkvalitet er derfor ønskelig. Det er også ønskelig å se nærmere på PCB-konsentrasjoner i inneluft fra slike bygninger. Dette kan gjøres f.eks. ved hjelp av passive luftprøvetakere som står ute over en lengre tidsperiode.

Vurdering av PCB-tilførsel til drikkevannskilde

Hvis man tar utgangspunkt i de svenske undersøkelsene som antyder et gjennomsnittlig daglig PCB-inntak på 0,05 µg/kg kroppsvekt (WHO, 2000), vil en person på 60 kg få i seg i snitt 3 µg PCB pr. dag (3000 ng). Hvis denne personen drikker 3 L vann hver dag med en PCB₇-konsentrasjon tilsvarende det som ble funnet i nedbøren fra Stend (1,079 ng/L), vil det totalt utgjøre ca. 3 ng pr dag, eller 0,1 % av det totale daglige inntaket av PCB for denne personen. Dette blir kun spekulasjoner, men det viser at PCB fra nedbør i Bergensområdet alene ikke utgjør noen forurensningsfare for f.eks. drikkevannskildene innenfor det prøvetatte området. PCB₇-bidraget fra nedbør vil ut fra vår mediankonsentrasjon (PCB₇ = 0,0478 ng/L) være 0,056 g pr. år for hele Svartediket (0,40 km²), eller 0,14 µgm⁻²år⁻¹. Det er viktig å legge merke til at NGU benytter PCB₇ i sine resultater, mens det i helseundersøkelser ofte er total-PCB eller TEQ-verdi (toksiske ekvivalenter) for f.eks. dioksin-like PCBer som oppgis.

6. ANBEFALINGER

Det er viktig å bemerke at denne undersøkelsen kun omfatter 14 nedbørsprøver fra 10 unike lokaliteter. Dette er for lite til å trekke de store konklusjonene, men gir et brukbart bilde på hvor mye PCB som kan forventes å falle ned som våtdeposisjon. Resultatene gir en indikasjon på at lokale PCB-kilder kan påvirke nedbøren i et område. Det anbefales likevel å foreta ytterligere undersøkelser av PCB-innholdet i luft og nedbør fra urbane områder over en lengre tidsperiode, for å fange opp variasjonene og de store trendene på en bedre måte. En måte å undersøke om byen er en aktiv kilde til PCB i luft vil kunne være (1) å utplassere et nettverk av passive luftprøvetakere, for eventuelt å kunne identifisere kildeområder, eventuelt (2) å sette ut en hi-volume prøvetaker og studere hvor luftmassene kom fra for hver prøve, for

eventuelt å si noe om vindretningens betydning for konsentrasjoner i luft (K.Breivik, NILU, pers.meddelelse).

To døgnmålinger fra avfallsforbrenningsanlegget i Rådalen er et for tynt datagrunnlag til å si noe sikkert om mulige utslipp av PCB herfra, men resultatet tyder på at dette er noe miljømyndighetene bør se nærmere på. Vi anbefaler sterkt at det foretas ytterligere tester på utslipp av PCB via rensed/urenset røykgass og bunnaske/filteraske for å se nærmere på denne utfordringen. Det er ønskelig å finne ut om utslipp av PCB skyldes at forbrenningslinjen får tilført PCB-holdig materiale, eller om PCB eventuelt kan nydannes inne i forbrenningsanlegget noe som er kjent for de relativt kjemisk like dioksinene.

7. REFERANSER

Aas, W., Solberg, S., Berg, T., Manø, S. og Yttri, K.E., 2005. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Atmosfærisk tilførsel 2004. NILU OR 26/2005, 160s.

Aas, W., Solberg, S., Berg, T., Manø, S. og Yttri, K.E., 2006. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Atmosfærisk tilførsel 2005. NILU OR 36/2006, 162s.

Agrell, C., Larsson, P., Okla, L. og Agrell, J., 2002. PCB congeners in precipitation, wash out ratios and depositional fluxes within the Baltic Sea region, Europe. Atmospheric Environment 36, 371-383.

Andersson, M., Ottesen, R.T. og Volden, T., 2003a. PCB i barns lekemiljø i Bergen. NGU-rapport 2003.058., 22 s.

Andersson, M., Volden, T., Jartun, M. og Ottesen, R.T., 2003b: PCB i yttervegger i hus fra Oslo øst og uteområder rundt bygningene. NGU-rapport 2003.096, 14 s.

Andersson, M., Volden, T., Haugland, T. og Ottesen, R.T., 2002. PCB i yttervegger i hus fra Bergen og i uteområdene rundt bygningene. NGU-rapport 2002.012, 15 s.

Backe, C., Larsson, P. og Agrell, C., 2002. Spatial and temporal variation of polychlorinated biphenyl (PCB) in precipitation in southern Sweden. Science of the Total Environment 285, 117-132.

Breivik, K., Alcock, R., Li, Y.F., Bailey, R.E., Fiedler, H. og Pacyna, J.M., 2004. Primary sources of selected POPs: regional and global scale emission inventories. Environmental Pollution, 128, 3-16.

Breivik, K., Schlabach, M. og Berg, T., 2005. Tilførsler av miljøgifter til Mjøsa. Tiltaksorientert forundersøkelse. NILU OR 44/2005, SFT TA-2106/2005, 55 s.

Chekushin, V.A., Bogatyrev, I.V., Caritat, P. de, Niskavaara, H. og Reimann, C., 1998. Annual atmospheric deposition of 16 elements in eight catchments of the central Barents region. Science of the Total Environment 220, 95-114.

Garner, C.E. and Matthews, H.B., 1998. The effect of chlorine substitution on the dermal absorption of polychlorinated biphenyls. Toxicology and Applied Pharmacology, vol. 149, issue 2, 150-158.

Guidotti, M., Giovinazzo, R., Cedrone, O. og Vitali, M., 2000. Determination of organic micropollutants in rain water for laboratory screening of air quality in urban environment. *Environment International* 26, 23-28.

Jartun, M., Ottesen, R.T. og Volden, T., 2002: Jordforurensning i Tromsø. NGU-rapport 2002.041, 44 pp.

Jartun, M., Ottesen, R.T. og Volden, T., 2005. Spredning av miljøgifter fra tette flater i Bergen. NGU-rapport 2005.051, 69 s.

Jartun, M. og Volden, T., 2006. Jordforurensning i Harstad. NGU-rapport 2006.014, 97 s.

Jaward, F.M., Farrar, N.J., Harner, T., Sweetman, A.J. og Jones, K.C., 2004. Passive air sampling of PCBs, PBDEs, and organochlorine pesticides across Europe. *Environmental Science and Technology*, 38, 34-41.

Johnsen, A., Rossland, H.K., Søybye, E. og Longva, K.S., 2003. Diffuse kilder til PCB og effektstudier i torsk og blåskjell ved Haakonsvern orlogsstasjon. FFI/RAPPORT-2003/01595, 41 s.

Konieczny, R.M. og Mouland, L., 1997. Tolkning av PCB-profiler og beregning av totalt PCB-innhold i marine sedimenter. SFT-rapport 97:33. TA 1497/1997, 48 s.

Kryvi, H., Soldal, O., Oen, A., Kibsgaard, A., Uriansrud, F., Lindholm, O., Godøy, O., Jartun, M. og Ottesen, R.T., 2005. Bergen havn, tiltaksplan fase II. Statens Forurensningstilsyn, 46 s.

Mandalakis, M. og Stephanou, E.G., 2004. Wet deposition of polychlorinated biphenyls in the Eastern Mediterranean. *Environmental Science and Technology* 38, 3011-3018.

Ottesen, R.T. og Volden, T., 1999. Jordforurensning i Bergen. NGU-rapport 99.022., 27 s.

Reimann, C., Caritat, P. de, Halleraker, J.H., Volden, T., Äyräs, M., Niskavaara, H., Chekushin, V.A. og Pavlov, V.A., 1997. Rainwater composition in eight arctic catchments in Northern Europe (Finland, Norway and Russia). *Atmospheric Environment* Vol.31, No.2, 159-170.

Volden, T., Reimann, C. og Dagestad, A., 1999. Precipitation sampling, Barents Ecogeochemistry. NGU-rapport 99.128, 10 s.

Wania, F. Haugen, J.-E., Lei, Y.D. og Mackay, D., 1998. Temperature dependence of atmospheric concentrations of semivolatile organic compounds. *Environmental Science and Technology*, 32, 1013-1021.

Wester, R.C., Maibach, H.I., Sedik, L., Melendres, J. og Wade, M., 1993. Percutaneous absorption of PCBs from soil: in vivo rhesus monkey, in vitro human skin, and binding to powdered human stratum corneum. *Journal of Toxicology and Environmental Health*, vol. 39, issue 3, 375-382.

WHO, 2000. Air Quality Guidelines, Chapter 5.10: Polychlorinated biphenyls, 2nd ed, WHO Regional Publications, European series, No. 91.

8. VEDLEGG

8.1 Rådata for PCB i nedbørsprøver

Tabell 5. Rådata for PCB-forbindelser i nedbørsprøver fra Bergensområdet, jfr Figur 1. Tall med grå bakgrunn er de forbindelsene som inngår i PCB₇. Enheten er ng/L.

Kongener (ng/L)	Sotra	Stend orig	Tarlebø orig	01_Tarlebø A	02_Tarlebø B	03_Stend	04_Braunstasjon	05_Værvarsling	06_Grønneviksøren	07_Fløen parsellag	08_Erleveien	09_Værvarsling 2	10_Akvarium	11_Betanien
18	0,00192	0,00547	0,00465	0,00207	0,0041	0,00485	0,00188	0,00217	0,00224	0,00256	0,00542	0,00397	0,00287	0,00378
28	0,00199	0,0056	0,00701	0,00515	0,00364	0,00648	0,00296	0,00205	0,00247	0,00307	0,00825	0,00495	0,00326	0,00609
31	0,00172	0,00475	0,00608	0,00281	0,00334	0,0063	0,00268	0,00199	0,00189	0,00286	0,00623	0,00411	0,00331	0,0056
33	0,0012	0,00404	0,00511	0,00209	0,00194	0,00312	0,00127	0,0014	0,00156	0,00177	0,00347	0,00259	0,00193	0,00393
37	0,00059	0,00091	0,00162	0,00135	0,00044	0,00187	0,00039	0,0008	0,00049	0,00059	0,00096	0,00101	0,001	0,00148
47	0,00171	0,00271	0,00329	0,00324	0,00202	0,00615	0,00174	0,00153	0,00149	0,00132	0,005	0,00299	0,00245	0,00379
52	0,00324	0,00485	0,0064	0,00557	0,00542	0,153	0,00584	0,0106	0,0034	0,00323	0,0114	0,00736	0,00645	0,00814
66	0,00213	0,00242	0,00571	0,00677	0,00256	0,0284	0,00228	0,00282	0,0017	0,002	0,0066	0,00531	0,00309	0,00423
74	0,00119	0,00141	0,00298	0,00533	0,00199	0,0259	0,00198	0,00222	0,00152	0,00099	0,00504	0,00517	0,00225	0,00249
99	0,0016	0,00205	0,00373	0,00759	0,00337	0,104	0,00313	0,00864	0,00197	0,00167	0,00692	0,0129	0,0039	0,00284
101	0,00462	0,00579	0,00983	0,00682	0,0054	0,29	0,00473	0,0241	0,00278	0,00467	0,00849	0,0119	0,00739	0,00787
105	0,00174	0,00247	0,00353	0,00364	0,00038	0,0966	0,00029	0,00882	0,00065	0,00202	0,0006	0,00439	0,00037	0,00315
114	0,00013	0,00012	0,00014	0,00045	0,00039	0,0068	0,0003	0,00025	0,00067	0,00038	0,00065	0,00033	0,00039	0,00022
118	0,00475	0,00612	0,00902	0,0149	0,00554	0,224	0,00517	0,0223	0,00384	0,00529	0,0103	0,0191	0,00711	0,00894
122	0,00014	0,00013	0,00015	0,00042	0,00036	0,00314	0,00028	0,00023	0,00062	0,00035	0,0006	0,0003	0,00036	0,0002
123	0,00015	0,00013	0,00026	0,00043	0,00037	0,00373	0,00027	0,00031	0,00061	0,00035	0,0006	0,00115	0,00036	0,00021
128	0,00078	0,00135	0,00114	0,00038	0,0003	0,0513	0,00025	0,00469	0,00042	0,00135	0,00069	0,00043	0,0006	0,00017
138	0,00429	0,0065	0,00701	0,00251	0,00508	0,204	0,00414	0,0199	0,00342	0,00355	0,00726	0,0206	0,00968	0,00546
141	0,00093	0,00148	0,00205	0,00027	0,00036	0,0415	0,00097	0,00416	0,00049	0,00123	0,0005	0,00239	0,00063	0,00152
149	0,00306	0,0039	0,00568	0,00441	0,00386	0,135	0,00281	0,0134	0,00328	0,00343	0,00508	0,00874	0,00645	0,00504
153	0,005	0,00781	0,0094	0,0145	0,00977	0,166	0,00781	0,0186	0,00742	0,00615	0,0186	0,0486	0,0159	0,00753
156	0,00044	0,00038	0,00052	0,00031	0,00024	0,0303	0,00021	0,00337	0,00036	0,00029	0,00054	0,00036	0,00045	0,00015
157	0,00008	0,00007	0,00008	0,00028	0,00023	0,00612	0,0002	0,00073	0,00032	0,00025	0,00048	0,00033	0,00043	0,00014
167	0,00009	0,00028	0,00029	0,00029	0,00024	0,0104	0,0002	0,00077	0,00032	0,00027	0,00054	0,00034	0,00047	0,00013
170	0,00116	0,00167	0,00119	0,00043	0,00032	0,0231	0,00036	0,0029	0,00035	0,00035	0,00061	0,00039	0,00338	0,00021
180	0,00239	0,00323	0,00357	0,00038	0,00202	0,0358	0,00032	0,00565	0,00031	0,00031	0,00054	0,00453	0,00705	0,00164
183	0,00064	0,00087	0,00097	0,00027	0,0002	0,00584	0,00022	0,00025	0,00022	0,00022	0,00038	0,00195	0,00073	0,00013
187	0,00117	0,00176	0,00181	0,00031	0,00023	0,009	0,00026	0,0003	0,00025	0,00025	0,00044	0,00438	0,00085	0,00015
189	0,0001	0,00007	0,00009	0,00036	0,00023	0,00041	0,00028	0,00033	0,0003	0,00031	0,00044	0,00028	0,00064	0,00018
194	0,00011	0,00047	0,00053	0,00033	0,00028	0,00531	0,00029	0,00026	0,00037	0,00029	0,0004	0,00029	0,00042	0,00021
206	0,00011	0,00011	0,00011	0,00027	0,0005	0,00031	0,00033	0,00024	0,00041	0,00035	0,00049	0,00028	0,00045	0,00027
209	0,00004	0,00004	0,00005	0,00016	0,00015	0,00017	0,00015	0,00013	0,00022	0,00014	0,00029	0,00014	0,00025	0,00012

8.2 PCB i jordprøver

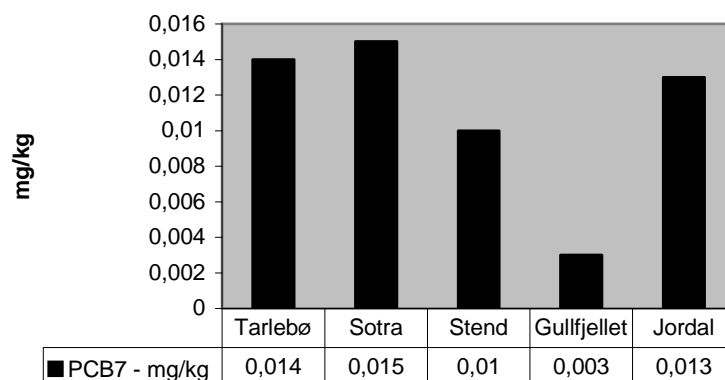
Bestemmelsen av PCB₇ i jordprøver fra 5 lokaliteter rundt Bergen ble utført av det akkrediterte laboratoriet AnalyCen AS. Prøvene ble homogenisert, og PCB ble ekstrahert med løsningsmidlene heksan og aceton. De 7 PCB-kongenerne (IUPAC nr. 28, 52, 101, 118, 138, 153 og 180) ble kvantifisert ved hjelp av gasskromatografi, GC-ECD.

8.2.1 Resultater PCB₇ i jordprøver

Det ble påvist lave konsentrasjoner av PCB i alle jordprøvene fra fem lokaliteter skissert i Tabell 6. Alle rådata er vist i Tabell 7.

Tabell 6. PCB₇-konsentrasjoner i jordprøver fra de 5 ulike prøvelokalitetene. Fra hver lokalitet ble det samlet inn 3 underprøver (a, b, c).

		a	b	c	Snitt
	Prøvenr	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Tarlebø	1, 2, 3	0,017	0,009	0,017	0,014
Sotra	4, 5, 6	0,030	0,007	0,009	0,015
Stend	7, 8, 9	0,003	0,019	0,009	0,010
Gullfjellet	10, 11, 12	0,005	0,001	0,004	0,003
Jordal	13, 14, 15	0,002	0,020	0,016	0,013



Figur 11. Grafisk fordeling av gjennomsnittlige PCB₇-konsentrasjoner i jord fra 5 lokaliteter.

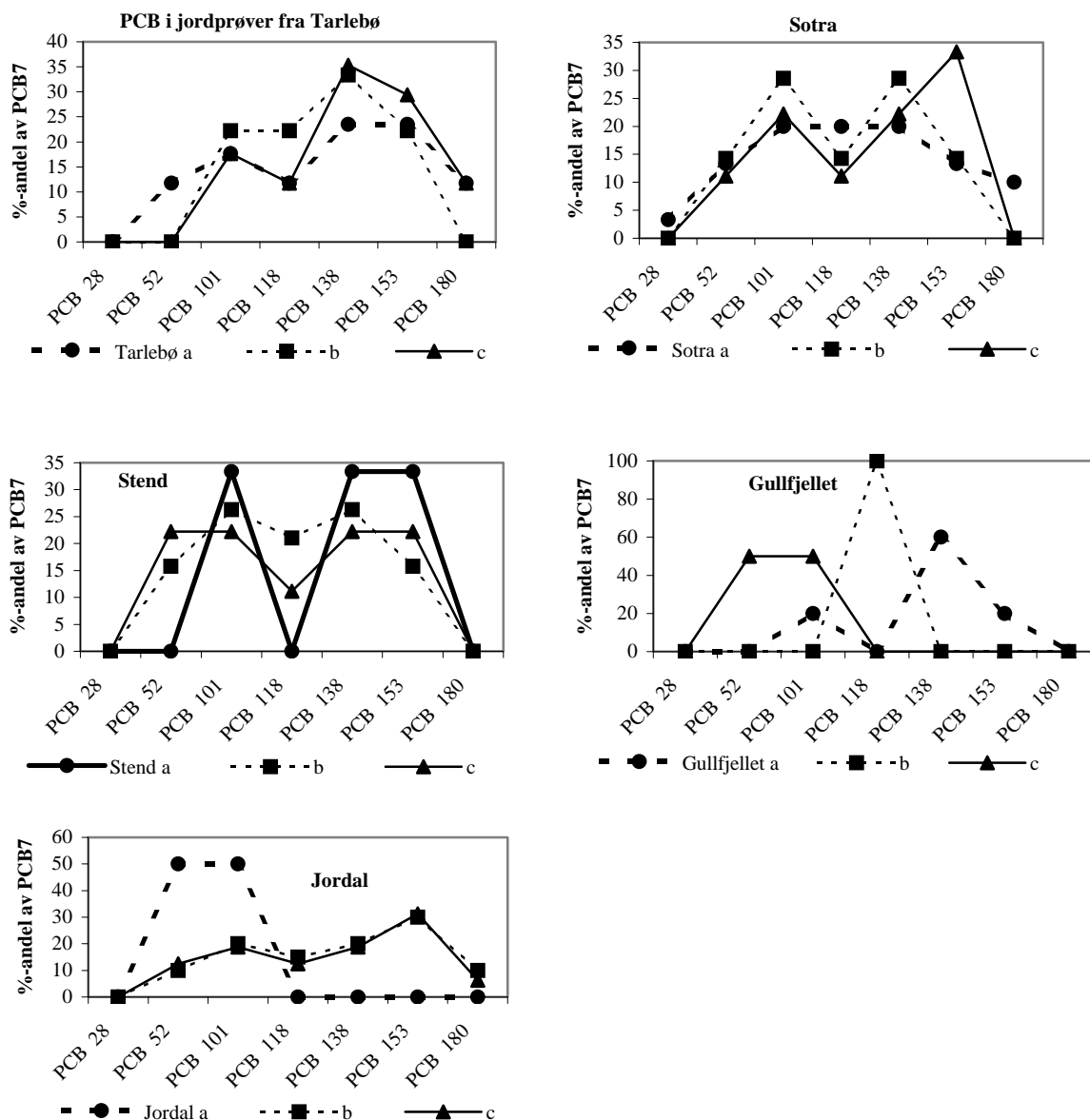
Tabell 7. Rådata for PCB i jordprøver fra 5 lokaliteter.

<i>enhet: mg/kg</i>	Tarlebø			Sotra		
	1	2	3	4	5	6
PCB 28	<0.001	<0.001	<0.001	0,001	<0.001	<0.001
PCB 52	0,002	<0.001	<0.001	0,004	0,001	0,001
PCB 101	0,003	0,002	0,003	0,006	0,002	0,002
PCB 118	0,002	0,002	0,002	0,006	0,001	0,001
PCB 138	0,004	0,003	0,006	0,006	0,002	0,002
PCB 153	0,004	0,002	0,005	0,004	0,001	0,003
PCB 180	0,002	<0.001	0,002	0,003	<0.001	<0.001
PCB(7) Totalsum	0,017	0,009	0,017	0,03	0,007	0,009
Tørrstoff (%)	91,9	92,1	91,9	52,1	94	95,2

<i>enhet: mg/kg</i>	Stend			Gullfjellet		
	7	8	9	10	11	12
PCB 28	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
PCB 52	<0.001	0,003	0,002	<0.001	<0.001	0,002
PCB 101	0,001	0,005	0,002	0,001	<0.001	0,002
PCB 118	<0.001	0,004	0,001	<0.001	0,001	<0.001
PCB 138	0,001	0,005	0,002	0,003	<0.001	<0.001
PCB 153	0,001	0,003	0,002	0,001	<0.001	<0.001
PCB 180	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
PCB(7) Totalsum	0,003	0,019	0,009	0,005	0,001	0,004
Tørrstoff (%)	94,5	53,5	46	94,1	91,2	92,6

<i>enhet: mg/kg</i>	Jordal		
	13	14	15
PCB 28	<0.001	<0.001	<0.001
PCB 52	0,001	0,002	0,002
PCB 101	0,001	0,004	0,003
PCB 118	<0.001	0,003	0,002
PCB 138	<0.001	0,004	0,003
PCB 153	<0.001	0,006	0,005
PCB 180	<0.001	0,002	0,001
PCB(7) Totalsum	0,002	0,02	0,016
Tørrstoff (%)	89,5	90	90,8

8.2.2 PCB₇-profiler i jordprøver fra 5 lokaliteter i Bergensområdet



Figur 12. PCB₇-profiler i 3 jordprøver fra hver av de 5 prøvelokalitetene i Bergensområdet (jfr. Figur 1)

PCB₇-konsentrasjonene i jordprøvene ligger generelt på et lavt nivå. Gjennomsnittlig konsentrasjon i de 5 prøvelokalitetene er på 0,011 mg/kg. Sammenlignet med f.eks. prøver av byjord eller sandfangsmaterialer i Bergen by er dette svært lave konsentrasjoner. Det er likevel noe overraskende at PCB i det hele tatt ble påvist f.eks. på Sotra hvor lokale kilder antas å være lite viktige. For de tre prøvene tatt ved lokaliteten Sotra er det én prøve med relativt høy konsentrasjon (0,030 mg/kg) i forhold til de to andre (0,009 mg/kg). Denne prøven trekker opp gjennomsnittet betydelig for Sotra. Grunnen til den store forskjellen i PCB₇-konsentrasjon er ikke kjent, men kan være varierende innhold av organisk materiale. Nedbørsmengden er også lav på Sotra, så de relativt høye konsentrasjonene her i forhold til de andre lokalitetene er vanskelig å forklare. PCB bindes lett til organisk materiale, noe som kan gi økte konsentrasjoner i jordprøver med høy TOC-verdi. Dette er imidlertid ikke studert i detalj i denne undersøkelsen.