



Danmarks Miljøundersøgelser
Aarhus Universitet

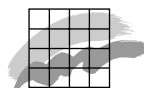
Faglig rapport fra DMU nr. 613, 2007

PAH i muslinger fra indre danske farvande, 1998-2005

Niveauer, udvikling over tid og vurdering af mulige kilder



[Tom side]



Danmarks Miljøundersøgelser
Aarhus Universitet

Faglig rapport fra DMU nr. 613, 2007

PAH i muslinger fra indre danske farvande, 1998-2005

Niveauer, udvikling over tid og vurdering af mulige kilder

Asger B. Hansen

Datablad

- Serietitel og nummer: Faglig rapport fra DMU nr. 613
- Titel: PAH i muslinger fra indre danske farvande, 1998-2005
Undertitel: Niveauer, udvikling over tid og vurdering af mulige kilder
- Forfatter(e): Asger B. Hansen
Institution(er), afdeling(er): Danmarks Miljøundersøgelser, Afdeling for Miljøkemi og Mikrobiologi
Århus Universitet
- Udgiver: Danmarks Miljøundersøgelser©
Aarhus Universitet
- URL: <http://www.dmu.dk>
- Udgivelsesår: Marts 2007
Redaktion afsluttet: 31-01-2007
Faglig kommentering: Pia Lassen, Martin M. Larsen og Niels Kroer
- Finansiel støtte: Ingen ekstern finansiering
- Bedes citeret: Hansen, A.B. 2007: PAH i muslinger fra indre danske farvande, 1998-2005. Niveauer, udvikling over tid og vurdering af mulige kilder. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. 71 s. – faglig rapport fra DMU nr. 613.
<http://www.dmu.dk/Pub/FR613.pdf>
- Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
- Sammenfatning: Data fra NOVA/NOVANA overvågningsprogrammerne vedrørende PAH indhold i muslinger er kompileret for perioden 1998-2005 for 22 stationer i de indre danske farvande. Ud fra disse data er fordeling og niveauer af PAH ved de enkelte stationer undersøgt, ligesom den tidlige udvikling af PAH indholdet for perioden er beregnet. Desuden er der ud fra beregnede forhold mellem udvalgte PAH isomerer foretaget en vurdering af de mulige kilder (petrogene-pyrogene) til PAH belastningen af det marine miljø. Endelig er der foretaget en vurdering af den samlede PAH eksponering ud fra økotoxikologiske og humantoksikologiske kriterier.
- Emneord: kildeallokering, NOVA/NOVANA, Mann-Kendall test, marin overvågning, muslinger, petrogen, Polycykliske Aromatiske Hydrocarboner (PAH), pyrogen, PAH eksponering, Sen's slope estimat, tidlig udvikling, toksicitet
- Layout: Asger B. Hansen
Illustrationer: Asger B. Hansen og Grafisk værksted, DMU Roskilde
- ISBN: 978-87-7772-
ISSN (elektronisk): 1600-0048
- Sideantal: 71
- Internetversion: Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) på DMU's hjemmeside
<http://www.dmu.dk/Pub/FR613.pdf>
- Supplerende oplysninger:
- En udskrift kan købes hos: Miljøministeriet
Frontlinien
Rentemestervej 8
2400 København NV
Tlf.: 7012 0211
frontlinien@frontlinien.dk
www.frontlinien.dk

Indhold

Forord 4

Resumé 5

Summary 7

1 Indledning 9

- 1.1 Formål 9
- 1.2 Miljøfremmede stoffer og metaller i biota 10
- 1.3 Undersøgelsens omfang 12

2 Materialer og metoder 14

- 2.1 Prøveindsamling 14
- 2.2 Prøveforberedelse 14
- 2.3 GC-MS analyser 14
- 2.4 Kvalitetssikring 16
- 2.5 Statistisk databehandling 16
- 2.6 Petrogene vs. pyrogene PAHer 18
- 2.7 Estimering af PAH eksponering 19

3 Resultater og diskussion 20

- 3.1 Åbne kystnære farvande 20
- 3.2 Fjorde og "lukkede" farvande 32

4 Konklusion 41

5 Referencer 42

6 Taksigelser 46

Appendiks A 47

Appendiks B 49

Danmarks Miljøundersøgelser

Faglige rapporter fra DMU

Forord

Nærværende rapport er udarbejdet af Afdeling for Miljøkemi og Mikrobiologi (MIMI), Danmarks Miljøundersøgelser (DMU)/Århus Universitet. MIMI har gennem årene udført hovedparten af de analyser af PAH i muslinger under de nationale overvågningsprogrammer for vandmiljøet (i.e. NOVA/NOVANA). Disse data danner grundlaget for denne rapport. Rapporten har haft til formål at sammenstille og bearbejde data for PAH i muslinger under NOVA og den første del af NOVANA overvågningsprogrammerne, beskrive niveauerne og uddrage mulige tendenser i belastningen af det marine miljø i de indre danske farvande. De resultater og konklusioner der er kommet ud af dette arbejde vil kunne indgå i kommende revisioner af fremtidige overvågningsprogrammer for det danske marine vandmiljø.

Resumé

De nationale overvågningsprogrammer for vandmiljøet, NOVA-2003, og for vandmiljø og natur, NOVANA-2009, har som et af formålene at opgøre forekomst og koncentration af en række miljøfremmede stoffer og metaller i det danske vandmiljø. Nærværende rapport omfatter undersøgelser af indholdet af PAH (Polycykliske Aromatiske Hydrocarboner) i muslinger (primært blåmuslinger, *Mytilus edulis*) indsamlet og analyseret i forbindelse med de nationale overvågningsprogrammer i perioden 1998-2005 med det formål at undersøge den tidlige udvikling af PAH indholdet. Mere specifikt har undersøgelsen omfattet en kompilering af eksisterende analysedata fra 22 stationer fra ni geografisk adskilte områder. Områderne er delt op i stationer fra åbne marine områder og fjorde ("lukkede" områder). Fra hver station er der foretaget en omregning af målte koncentrationer af 27 enkelt PAHer og isomer grupper på basis af vådvægt til tørvægtsbasis, da dette giver et mere repræsentativt billede af organismens reelle belastning. Desuden er der for hver station og for hvert år udregnet en geometrisk middelværdi baseret på op til tre individuelle prøver.

De målte og omregnede koncentrationer er summeret for fem grupper af PAHer på baggrund af antallet af aromatiske ringe (2-6) og præsenteret grafisk på årsbasis. Dette giver et umiddelbart indtryk af fordeling af PAHer i muslinger fra den enkelte station og en overskuelig sammenligning mellem forskellige stationer fra samme og forskellige geografiske områder.

Efterfølgende er de omregnede koncentrationer summeret for tre forskellige grupper af PAHer, alkylerede 2-3 rings-PAHer (PAH-petro), usubstituerede 4-6 rings-PAHer (PAH-pyro) og perylen (PAH-bio). Summen af disse PAH-grupper er dernæst log-transformerede og underkastet en non-parametrisk Mann-Kendall test for at vurdere signifikansen af en eventuel tidlig udvikling. Tilsvarende er hældningen kvantificeret vha. en non-parametrisk SEN's slope estimat.

Desuden er der foretaget en vurdering af mulige kilder til miljøbelastningen med PAHer i det marine miljø og for muslinger ud fra en række beregnede forhold mellem udvalgte PAH isomerer.

Undersøgelsen af de kompilerede PAH data har vist, at indholdet i muslinger generelt ligger ret jævnt med niveauer mellem 500-900 µg/kg ts, og at der ikke er observeret større forskelle mellem muslinger fra stationer ved kystnære åbne områder og fra stationer i mere lukkede farvande som fjorde. Indholdet er i alle tilfælde domineret af de lavere PAHer med 2 til 4 ringe inklusiv deres alkylerede isomerer. Enkelte stationer adskiller sig med niveauer noget over gennemsnittet (> 1000 µg/kg ts), bl.a. Hansodde ved Fanø, Egholm Flak i Storebælt, Søvang/Amager i Øresund og Roskilde Bredning i Roskilde Fjord.

Undersøgelsen af den tidlige udvikling for hele perioden afslører, at der stort set ved alle stationer er tale om svagt faldende tendenser for PAHer af såvel overvejende petrogen som overvejende pyrogen karakter. Ved

stort set alle stationer observeres ligeledes en faldende tendens for perylen (PAH-bio). For næsten alle observerede tendenser gælder imidlertid, at den ikke er signifikant ($\alpha > 0,1$), hvilket betyder, at de observerede tendenser må tages med forbehold.

Vurderingen af de mulige kilder til den observerede PAH belastning af det marine miljø har taget udgangspunkt i en skelnen mellem PAHer af petrogen eller pyrogen oprindelse gennem bestemmelsen af en række isomer forhold. Det billede der har tegnet sig, peger generelt i retning af overvejende pyrogene kilder.

Med hensyn til eksponeringen af det marine miljø med PAHer er der foretaget en vurdering ud fra OSPARs økotoxikologiske kriterier (ecotoxicological assessment criteria), og det viser, at der for en række stationer har været svage overskridelser af de laveste kriterier for anthracen. Hvad angår risikoen for human eksponering gennem indtagelse af muslinger fra de forurenede områder, er der foretaget en estimering af den samlede belastning udtrykt som summen af benzo(a)pyren toksicitets ækvivalenter. Disse estimater viser, at indholdet i muslinger fra flere af de undersøgte stationer i enkelte tilfælde overskrider den fastsatte grænseværdi på 50 µg BaPyr-TE/kg ts (i.e. 10 µg BaPyr/kg vådvægt) med en faktor 2 til 3, men at der generelt er en faldende tendens. I 2004/2005 er toksiciteten af PAH indholdet i muslinger under grænseværdien for alle stationer uanset om opgørelsen baseres på indholdet af benzo(a)pyren (BaPyr) alene eller på det samlede indhold af benzo(a)pyren toksicitetsækvivalenter (BaPyr-TE).

Summary

One of the scopes of the national monitoring programmes for the aquatic environment, NOVA-2003, and for the aquatic environment and nature, NOVANA-2009, is to monitor and report the distribution and concentration of xenobiotics in the aquatic environment in Denmark. The present report details studies of the content of a series of PAHs (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons) in mussels (primarily blue mussels, *Mytilus edulis*) collected and analysed as part of these monitoring programs during 1998-2005 in order to assess the temporal trend. More specifically, the study included a compilation of existing data from 22 sampling stations covering nine geographically separate marine areas in Denmark. The marine areas were divided into open sea coastal areas and more isolated areas like fiords and enclosed bays. From each station measured concentrations (based on wet weight) were first converted to a dry weight basis as this more representative of the true PAH burden of the mussels. Furthermore, geometric means of up to three individual samples from each station per year were calculated.

The dry weight converted concentrations were summed into five groups corresponding to the number of aromatic rings (i.e. 2 to 6) of the PAHs and plotted graphically as bar charts on a yearly basis. From these plots, the distribution and levels of each PAH group in mussels at each station can be easily assessed as can comparisons between stations from the same or different areas.

The next step included a summation of the dry weight converted concentrations into three different PAH groups covering alkylated 2-3 ringed-PAHs (PAH-petro), un-substituted 4-6 ringed-PAH (PAH-pyro) and perylene (PAH-bio). These summed concentrations were then log-transformed and tested by a non-parametric Mann-Kendal test to assess the significance of possible temporal trends. Similarly, slopes of observed trends were assessed by a non-parametric Sens's slope estimates.

Eventually, possible sources of the observed PAH burden on the marine environment and on the mussels specifically were discussed on basis of a number of calculated PAH isomer ratios.

The study of the compiled PAD data has revealed that the concentrations in mussels generally are quite similar with levels ranging from 500 to 900 µg/kg dw (dry weight). There were no obvious differences between PAH concentrations in mussels from coastal stations at open sea and from stations at more enclosed areas like fiords and bays. At all stations the PAH content was dominated by smaller PAHs (2-4 rings) including their alkylated derivatives.

The study of temporal trends showed slight declines at almost all stations for both petrogenic and pyrogenic PAHs. However, for most stations the observed trends were not significant ($\alpha > 0.1$) and must therefore be interpreted with great care.

The allocation of observed PAH burden of the marine environment to possible sources focused on PAHs of petrogenic and pyrogenic origin by employing specific isomer ratios. Generally, this showed that the measured PAHs were of pyrogenic origin.

The level of exposure of the marine environment with PAHs has been assessed using the OSPAR ecotoxicological assessment criteria (EAC). This shows that several stations exceeded the lower EAC level slightly for anthracene. Regarding the human exposure to PAHs by consumption of mussels from the exposed areas estimates of the total exposure expressed as the sum of benzo(a)pyrene toxic equivalents have been calculated. These estimates show that mussels from several stations in a few cases exceeded the acceptance criteria of 50 µg BaPyr-TE/kg dw (i.e. 10 µg BaPyr/kg ww) with a factor of up to 3, but that there is decreasing trend. In no cases were the acceptance criteria for the toxicity of PAH in mussels exceeded in 2004/2005 irrespective of whether the estimates were based on the total of benzo(a)pyrene toxicity equivalents (BaPyr-TE) or on benzo(a)pyrene (BaPyr) alone.

1 Indledning

Overvågningen af det marine miljø er først sket i større målestok inden for de seneste 20 år. Overvågningen af tilstanden i dele af de åbne farvande og enkelte kystområder startede i midten af 70'erne. I løbet af 80'erne blev den geografiske udstrækning udvidet for såvel de åbne farvande som for kystområderne ved etableringen af Vandmiljøplanens første overvågningsprogram i 1988. Overvågningen af det marine miljø var begrundet i en række miljøproblemer som iltsvind, algeopblomstringer, tilbagegang i bundvegetation og kystnære fiskebestande, hvilket man blev opmærksom på midt i 70'erne og som forsknings- og overvågningsprojekter siden 80'erne har bekræftet. Vandmiljøplanens overvågningsprogram fra 1989-1997 blev først afløst af det nationale overvågningsprogram for vandmiljøet, NOVA-2003 (1999-2003), og siden af NOVANA-2009 til overvågning af vandmiljø og natur.

I forbindelse med NOVA-2003 og siden NOVANA i 2004-2005 har DMU årligt udgivet en faglig rapport som opsummerer tilstand og udvikling af miljøkvaliteten for marine områder i Danmark. Det drejer sig bl.a. om følgende faglige rapporter fra DMU: FR 290 (Markager et al., 1999), FR 333 (Hansen et al., 2000), FR 375 (Henriksen et al., 2001), FR 419 (Ærtebjerg et al., 2002), FR 467 (Rasmussen et al., 2003), FR 513 (Ærtebjerg et al., 2004) og FR 551 (Ærtebjerg et al., 2005). Ligeledes har de forskellige amter udgivet en række rapporter som mere detaljeret beskriver miljøtilstanden for deres egne marine områder.

1.1 Formål

Forpligtelserne til overvågningen af de marine områder er fastlagt i Vandmiljøplanen, en række EU-direktiver og øvrige internationale aftaler som Oslo- og Pariskonventionen (OSPAR) og Helsingforskonventionen (HELCOM). Overvågningen skal belyse de fysiske, kemiske og biologiske forhold i de danske havområder med hovedvægten på de indre danske farvande. For NOVA-2003 er formålet med den marine overvågning således:

- at følge udviklingen i de fysiske forhold (bl.a. hydrografi og iltsvind)
- at følge udviklingen i forekomst og koncentration af næringsstoffer i vandfase og sediment
- at følge udviklingen i de biologiske forhold
- at opgøre vand og næringsstoftransport i de danske farvande
- *at opgøre forekomst og koncentration i vandfase, sediment og biota af miljøfremmede stoffer og tungmetaller*
- at vurdere de biologiske effekter af udvalgte miljøfremmede stoffer og tungmetaller

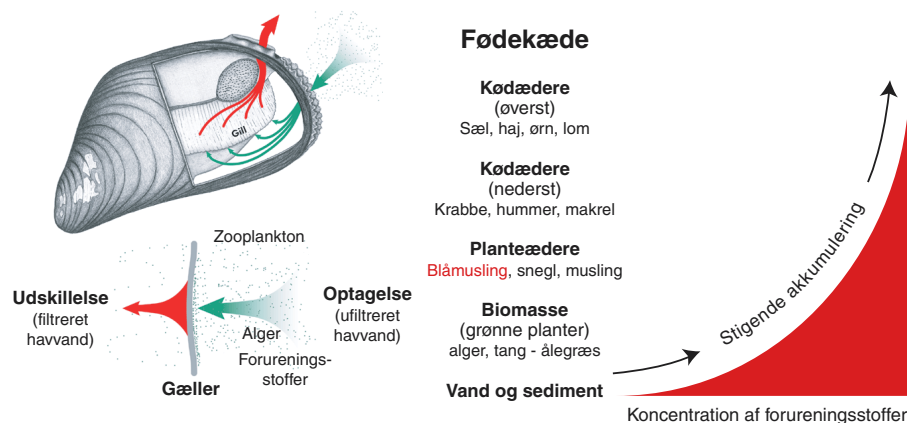
Baggrunden for nærværende rapport har været at indsamle og afrapportere data for NOVA-2003 vedrørende indholdet af PAH (Polycykliske Aromatiske Hydrocarboner; se bl.a. Karlson, 2006) i muslinger samt at undersøge den tidlige udvikling for perioden 1998-2003. Desuden er der

for de fleste stationer også medtaget data for muslinger indsamlet i 2004 og 2005 under NOVANA programmet for at styrke datagrundlaget.

1.2 Miljøfremmede stoffer og metaller i biota

Miljøfremmede stoffer indgik oprindeligt ikke i Vandmiljøplanens overvågningsprogram. I konsekvens af Danmarks internationale forpligtelser er der imidlertid blevet undersøgt biota på fire stationer i de åbne farvande siden 1979, samt udført to baggrundsundersøgelser i 1985 og 1990, hvor koncentrationen af tungmetaller og udvalgte organiske forbindelser blev målt. I de kystnære områder har flere amter gennemført undersøgelser af miljøfremmede stoffer og tungmetaller, men der har ikke tidligere (dvs. før NOVA-2003) været gennemført en systematisk landsdækkende overvågning.

Kortlægningen af geografisk udbredelse eller tidlige tendenser af forekomsten af miljøfremmede stoffer og tungmetaller i det marine miljø baseres sædvanligvis på målinger af koncentrationen i biota (f.eks. fisk eller muslinger) eller i sediment. Herved opnås viden om påvirkningen af vandmiljøet over en længere periode. En tilsvarende enkelt måling af koncentrationen i vandfasen giver derimod alene et øjebliksbillede af koncentrationen. Dette skyldes bl.a., at en del organismer akkumulerer miljøfremmede stoffer til koncentrationer der er betydeligt højere end de som findes i vandfasen (bioakkumulering). Denne bioakkumulering er nettoresultatet af optag og udskillelse (se Figur 1.1). Da bioakkumuleringen er en forholdsvis langsom proces (uger-månedes-år), afspejler koncentrationen i organismen den biotilgængelige koncentration i det omgivende vandmiljø over en længere periode. Organismen fungerer herved som en integrerende prøveopsamler (Pedersen et al., 2004).



Figur 1.1 Skitse over muslingers optag- og udskillelsesmekanisme og bioakkumulering igennem den marine fødekæde (Gulfwatch, <http://www.gulfofmaine.org>).

Under NOVA/NOVANA er der primært indsamlet blåmuslinger (*Mytilus edulis*) og i enkelte tilfælde sandmuslinger (*Mya arenaria*). Muslinger har ikke et effektivt enzymesystem til nedbrydning af miljøfremmede stoffer, og akkumulerer derfor mange miljøfremmede stoffer; de er derfor velegnede som indikator organismer i monitoringsundersøgelser af miljøbelastningen med forskellige miljøfremmede stoffer. Blåmuslingen kan blive op til ca. 10 cm lang, og da den samler sig i banker og klynger på havbunden, sten og pæle i iltrigt vand omkring tidevandszonen er

den relativt let at indsamle. Da muslingen samtidig indgår som føde for andre dyr højere oppe i fødekæden, er den ligeledes et godt udgangspunkt for at studere bioakkumuleringen af miljøfremmede stoffer.

1.2.1 Toksikologiske vurderinger af PAH eksponering

OSPAR (1997) har opstillet en række kriterier (EAC, ecotoxicological assessment criteria) for at vurdere langtidseffekter af miljøfremmede stoffer på organismer i det marine miljø. For de fleste af disse kriterier gælder, at de er provisoriske og stadig under vurdering. For PAH i muslinger har OSPAR opstillet de grænser, som er vist i Tabel 1.1. Under den laveste grænse menes der ikke at være en tydelig effekt, mens der over den øverste grænse menes at være en effekt; mellem de to grænser kan der være en mulig effekt af det miljøfremmede stof.

Tabel 1.1 OSPARs provisoriske EAC værdier for PAH i muslinger ($\mu\text{g}/\text{kg}$ ts).

PAH	Laveste EAC	Højeste EAC
Naphthalen	500	5000
Phenanthren	5000	50000
Anthracen	5	50
Fluoranthen	1000	10000
Pyren	1000	10000
Benzo(a)pyren	5000	50000

Tabel 1.2 PAH toksicitets ækvivalens faktorer (TEF)

PAH	US EPA ¹	FDA ²	CA EPA ³	Nisbet & LaGoy ⁴
Naphthalen	--	--	--	0,001
Methylnaphthalen	--	--	--	0,001
Acenaphthene	--	--	--	0,001
Acenaphthylen	--	--	--	0,001
Fluoren	--	--	--	0,001
Phenanthrene	--	--	--	0,001
Anthracen	--	--	--	0,01
Fluoranthen	--	0,02	--	0,001
Pyren	--	0,13	--	0,001
Benzo(a)anthracen	0,1	0,014	0,1	0,1
Chrysen	0,001	0,013	0,01	0,01
Benzo(b/k)fluoranthen	0,1/0,01	0,11/0,07	0,1/0,1	0,1/0,1
Benzo(a)pyren	1,0	1,0	1,0	1,0
Indeno(123cd)pyren	0,1	0,25	0,1	0,1
Benzo(ghi)perylene	--	0,03	--	0,01
Dibenzo(ah)anthracen	1,0	1,05	0,1	0,1

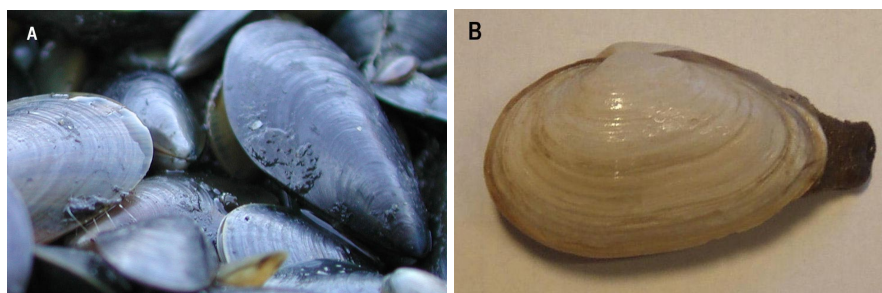
¹US Environmental Protection Agency (1993); ²US Food and Drug Administration (Bolger et al., 1996); ³California Environmental Protection Agency (2005); ⁴Nisbeth & LaGoy (1992).

I 2005 fik Danmark på baggrund af et EU-direktiv en lovgivning som fastsætter grænseværdier for PAH indholdet i fødevarer; for muslinger er denne grænseværdi angivet som 10 μg benzo(a)pyren (BaPyr) pr. kg vådvægt (Den Europæiske Unions Tidende, 2005); omregnet til tørvægt (ca. 20 %) svarer dette til omkring 50 μg BaPyr/kg tørvægt. For en række PAHer findes der omregningsfaktorer (TEF, toxic equivalency factor) som vist i Tabel 1.2 til beregning af deres BaPyr toksicitets ækvivalenter

(BaPyr-TE). Ud fra disse omregningsfaktorer kan der udregnes en samlet toksicitet udtrykt som $\mu\text{g BaPyr-TE pr. kg tørvægt (ts)}$. En beskrivelse af risikovurderingen vedrørende eksponering fra fisk, muslinger m.m. forurenede med PAHer er bl.a. beskrevet af Yender et al. (2002) og Binderup et al. (2004). Det diskuteres dog i øjeblikket, hvorvidt en samlet toksicitetsvurdering af PAHer bedst beskrives ved BaPyr-TE ved hjælp af TEF eller ved BaPyr alene; se bl.a. EU Scientific Committee on Food (2002) og US Department of Ecology (2006). Da det fortsat er under diskussion på hvilken måde man bedst kan angive toksiciteten af en blanding af PAHer, er det i denne rapport valgt at vurdere toksiciteten af det samlede PAH indhold i muslinger på estimerer baseret på anvendelse af TEF-værdier som angivet i Tabel 1.2.

1.2.2 Tilsvarende undersøgelser

En række udenlandske undersøgelser har gennem de seneste år også anvendt muslinger som indikator organismer til at bestemme af vandmiljøets belastning med miljøfremmede stoffer og deres rumlige og tidslige spredning. Mest kendt er måske undersøgelserne efter oliespildet fra det forliste tankskib Exxon Valdez i Prince Williams Sound, Alaska, i 1989 (se bl.a. Paine et al., 2003;), men også i San Francisco bugten er der udført monitoringsmålinger gennem adskillige år (se bl.a. Oros og Ross, 2005). Tilsvarende er der monitoreret vha. muslinger i forbindelse med Gulfwatch i Maine bugten (se bl.a. Chase et al., 2001; Jones et al., 2001). Også i forbindelse med forliset af tankskibet Erika ud for den spanske kyst i 1999 og det efterfølgende oliespild blev der iværksat et stort monitoringsprogram for at følge udviklingen (se bl.a. Tronczynski et al., 2004). Også herhjemme har muslinger udgjort et væsentligt element i monitoring af vandmiljøet i Grønsund efter Baltic Carrier oliespildet i 2001 (Pécseli et al., 2002).



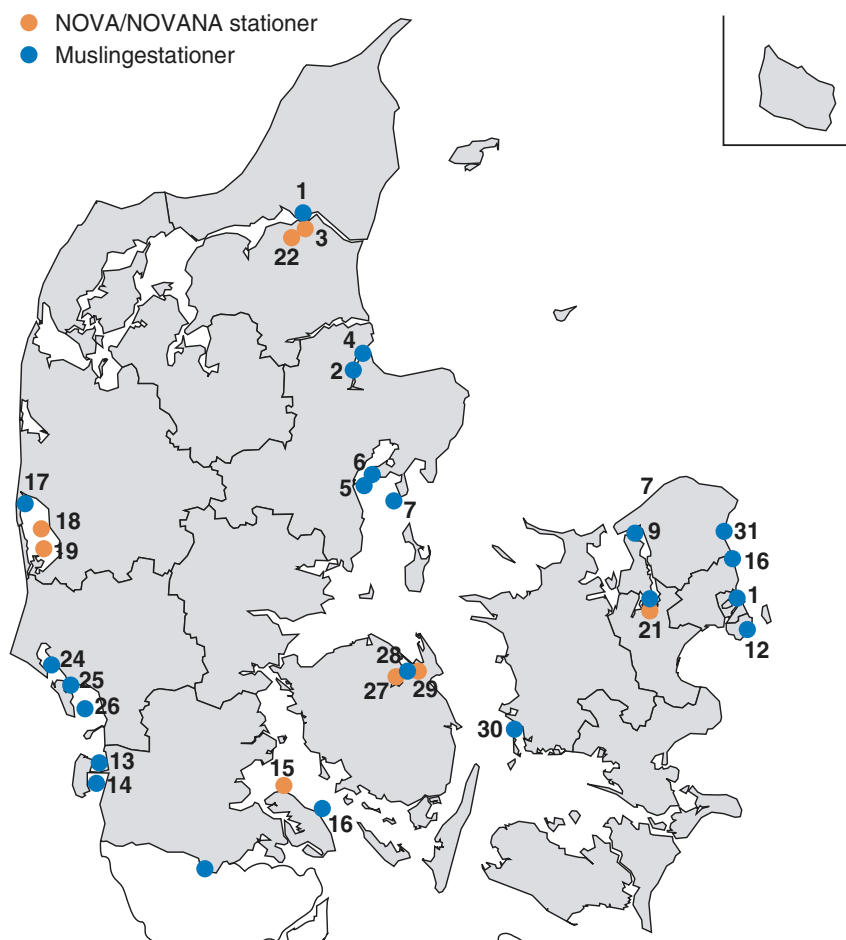
Figur 1.2 A) Blåmusling (*Mytilus edulis*; Foto: Jens Larsen, DMU) og B) sandmusling (*Mya arenaria*; Foto: Jakob Strand, DMU), der begge er anvendt som indikator organismer i monitoringsprogrammerne.

1.3 Undersøgelsens omfang

Denne undersøgelse omfatter som nævnt data fra NOVA-2003 og NOVANA-2009 i perioden 1998 – 2005, i det omfang data har været tilgængelige. Imidlertid er kun de stationer, hvor der har været (over-vejende) sammenhængende data, medtaget i undersøgelsen. Ud af et stort antal NOVA/NOVANA stationer indgår der i denne undersøgelse data fra 22 stationer. I omstående figur er vist placeringen af de anvendte stationer. Det er bestræbt at medtage stationer fra både åbne farvande (hav) med betydelig vandudskiftning og mere lukkede farvande (fjord/bugt) med betydelig reduceret vandudskiftning, ligesom der er medtaget stationer fra forskellige geografiske områder. For de åbne farvande indgår således

stationer fra følgende områder: Vadehavet (5), Århus Bugt (5), sydlige Lillebælt (2), Storebælt (1) og Øresund (4), mens følgende fjorde indgår i undersøgelsen: Limfjorden (1), Ringkøbing Fjord (1), Odense Fjord (1) og Roskilde Fjord (2).

For stort set alle årene har DMU foretaget PAH analyserne, hvilket medfører en styrkelse af datamaterialet, idet der er anvendt samme analysemetode gennem alle årene. Kun i 2001 har visse Amter/Kommuner anvendt andre kommercielle laboratorier til at analysere prøverne. Disse data er imidlertid ikke medtaget, da analyserne ikke i alle tilfælde omfatter det samme antal komponenter, som DMU generelt har analyseret.



Figur 1.3 Placeringen af de NOVA/NOVANA stationer (blå prikker), som indgår i denne undersøgelse; orange prikker viser øvrige NOVA muslinge stationer.

2 Materialer og metoder

2.1 Prøveindsamling

Indsamlingen af muslinger fra stationer i de forskellige geografiske områder er foretaget af miljømyndighederne i amterne og kommunerne samt af DMU. De indsamlede muslinger er enten sendt levende eller nedfrosset til analyse ved DMU. Prøveindsamlingen er i hele perioden foregået om efteråret, hvor muslinger skønnes at have restitueret sig efter gydningen om foråret. Fra hver station er der typisk indsamlet tre prøver hvert år (i 2004 og 2005 en til tre prøver).

2.2 Prøveforberedelse

På analyselaboratoriet er de levende muslinger først usandet (depureret), hvorefter bløddelene er dissekeret ud, inddelt i forskellige puljer efter skallængde og homogeniseret. Derefter er fortrinsvist anvendt muslinger i størrelsen 30-40 mm (i praksis ofte 30-50 mm), men på visse lokaliteter, hvor de små muslinger er taget af rovdyr, er der inddelt andre størrelsesfraktioner, typisk < 60 mm, 60-70 mm og 70-80 mm. Skallerne fra respektive puljer er lufttørret og længde og vægt udmålt for hver skal til bestemmelse af gennemsnit og standardafvigelse. Kød vægten af hver musling er registreret, og fra homogenatet er udtaget delprøver til tørstofbestemmelse og kemiske analyser.

2.3 GC-MS analyser

Data anvendt i denne rapport stammer alle fra analyser udført hos DMU, men der vil ikke her blive givet detaljerede oplysninger om de anvendte metoder. Generelt kan dog siges, at de udtagne delprøver af homogeniseret muslingevæv først er tilsat interne standarder (isotopmærkede), hvorefter prøven er ekstraheret ved Soxhlet ekstraktion. Ekstraktet er efterfølgende oprenset; dels for at fjerne fedt, som kan "forstyrre" analysen og dels for at isolere aromat fraktionen, hvor PAHerne er indeholdt. Herefter er ekstraktet blevet analyseret ved GC/MS i SIM (single ion monitoring) mode, som specifikt kan detektere de ønskede PAHer. Den efterfølgende kvantificering er foretaget ud fra de tilsatte interne standarder.

I denne undersøgelse er medtaget 26 forskellige PAHer (enkeltstoffer eller isomergrupper), der omfatter såvel usubstituerede forbindelser som alkylerede PAHer. Listen dækker både lavmolekylære PAHer bestående af 2-3 ringe, inklusive alkylnaphthalener, alkylidibenzothiophener og alkylphenanthrener, dvs. PAHer substitueret med fra en til tre alkylgrupper, som alle primært menes at stamme fra petrogene kilder (i.e. olie-spild) og højmolekylære PAHer med 4-6 ringe; disse tungere PAHer uden alkylgrupper menes primært at stamme fra pyrogene kilder, dvs. fra afbrænding af olie, biomasse og kul (se bl.a. Karlson, 2006). Tabel 2.1 viser de PAHer, som er medtaget i denne undersøgelse.

I den efterfølgende behandling af data er der foretaget en gruppering af PAHerne efter størrelse (i.e. antal ringe), dvs. summen af 2- ringede PAHer, 3-ringede PAHer osv. Til analyse af den tidlige udvikling er det valgt at inddele PAHerne i tre grupper, idet disse tre grupper såvel kilde- som nedbrydningsmæssigt formodes at adskille sig. De tre grupper omfatter petrogene (alkylerede 2-3 rings-PAHer), pyrogene (usubstituerede PAHer som US EPA 16) og biogene PAHer:

- PAH-petro: $\Sigma\{C1N+C2N+C3N+C1D+C1P+C2P+C3P\}$
- PAH-pyro: $\Sigma[N+ANy+ANe+D+P+A+Flu+Pyr+BaF+BaA+C+BFlu+BePyr+BaPyr+IPyr+BPer+DBA]$
- PAH-bio: Per (perylene)

Ud fra en anden gruppering af PAHerne kan også beregnes et såkaldt pyrogen-index (PI) (Wang et al., 1999), der kan give et mål for forholdet mellem PAHer af petrogen (olie) og pyrogen (afbrænding) oprindelse, $PI = \Sigma(\text{usubstituerede 3-6 rings-PAHer}) / \Sigma(\text{alkylerede 2-4 rings-PAHer})$.

Tabel 2.1 Liste over analyserede PAHer i muslinger under NOVA/NOVANA overvågningsprogrammerne 1998-2005.

Navn (M/Z ¹), bruttoformel (2-3 ringe)	Forkort. (ringe)	Navn (M/Z ¹), bruttoformel (4-6 ringe)	Forkort. (ringe)
Naphthalen (128), C ₁₀ H ₈	N (2)	Fluoranthen (202), C ₁₆ H ₁₀	Flu (4)
C1-alkylnaphthalener (142), C ₁₁ H ₁₀	C1N (2)	Pyren (202), C ₁₆ H ₁₀	Pyr (4)
C2-alkylnaphthalener ² (156), C ₁₂ H ₁₂	C2N (2)	Benzo(a)fluoren (216), C ₁₇ H ₁₂	BaF (4)
C3-alkylnaphthalener ² (170), C ₁₃ H ₁₄	C3N (2)	Benzo(a)anthracen (228), C ₁₈ H ₁₂	BaA (4)
Acenaphthen (154), C ₁₂ H ₁₀	ANe (3)	Chrysen ³ (228), C ₁₈ H ₁₂	C (4)
Acenaphthylen (152), C ₁₂ H ₈	ANy (3)	Benzo(bjk)fluoranthen ⁴ (252), C ₂₀ H ₁₂	BFlu (5)
Fluoren (166), C ₁₃ H ₁₀	F (3)	Benzo(e)pyren (252), C ₂₀ H ₁₂	BePyr (5)
Dibenzothiophen (180), C ₁₂ H ₈ S	D (3)	Benzo(a)pyren (252), C ₂₀ H ₁₂	BaPyr (5)
C1-alkyldibenzothiophener (198), C ₁₃ H ₁₀ S	C1D (3)	Perylen (252), C ₂₀ H ₁₂	Per (5)
Phenanthren (178), C ₁₄ H ₁₀	P (3)	Indeno(123cd)pyren (276), C ₂₂ H ₁₂	IPyr (5)
C1-alkylphenanthrener (192), C ₁₅ H ₁₂	C1P (3)	Benzo(ghi)perylene (276), C ₂₂ H ₁₂	BPer (6)
C2-alkylphenanthrener ² (206), C ₁₆ H ₁₄	C2P (3)	Dibenzo(ah)anthracen (278), C ₂₂ H ₁₄	DBA (6)
C3-alkylphenanthrener ² (220), C ₁₇ H ₁₆	C3P (3)		
Anthracen (178), C ₁₄ H ₁₀	A (3)		

¹M/Z, masse-ladningsforholdet for ionfragmentet analyseret ved GC/MS; her er der anvendt molekylar ionen (M⁺), og M/Z værdierne svarer således også til stoffets molekylvægt. ²Disse grupper, C2N, C3N, C2P og C3P inkluderer et større antal isomer forbindelser med en til tre alkylgrupper (fx methyl- og ethyl-). ³Inkluderer muligvis også stoffet Triphenylen. ⁴Inkluderer tre isomer forbindelser, Benzo(b, j og k)fluoranthen som ikke adskilles kromatografisk.

Til sammenligning af niveauerne mellem de enkelte stationer er PAHerne inddelt i fem grupper efter antal aromatiske ringe: PAH(2), 2-rings-PAHer; PAH(3), 3-rings-PAHer; PAH(4), 4-rings-PAHer; PAH(5), 5-rings-PAHer og PAH(6), 6-rings-PAHer.

2.4 Kvalitetssikring

Ud over den kvalitetssikring, der er foregået på analyselaboratoriet forud for aflevering af data til de pågældende rekvirenter (amter og kommuner), har DMU også i forbindelse med overførslen til MADS¹ af de modtagne analysedata fra rekvirenter foretaget en yderligere kontrol for at sikre, at analysedata, station og årstal indgik i rette sammenhæng.

2.5 Statistisk databehandling

2.5.1 Tørstofindhold

De årlige data for de enkelte stationer er i de fleste tilfælde baseret på gennemsnitsværdier af dobbeltbestemmelser af PAH ved GC/MS. Samtlige data er oprindeligt i koncentration pr. kg. vådvægt, men i de fleste tilfælde er der også foretaget bestemmelse af tørstofindholdet i de analyserede muslinger. Også her gælder, at tørstofindholdet, er en gennemsnitlig værdi for den aktuelle muslingepopulation på de enkelte stationer for hvert år. I de tilfælde, hvor der ikke har været oplyst tørstofindhold, er der angivet et geometrisk gennemsnit af de øvrige oplyste tørstofindhold for den pågældende station gennem hele perioden. Da tørstofindholdet anses for at være en bedre normeringsfaktor end vådvægten, er værdierne i denne rapport omregnet til µg/kg tørvægt (ts).

Tørstofindholdet er typisk bestemt ved, at bløddelene fra muslinger er frysetørret til konstant vægt, hvorefter tørstofindholdet er angivet som den procentuelle andel af tørt væv i forhold til de væskeholdige bløddele.

2.5.2 Geometrisk middel

Resultaterne fra de (typisk) tre prøver fra hver station er midlet som en geometrisk middelværdi for den enkelte station. Den geometriske middelværdi adskiller sig fra det aritmetiske ved at det i højere grad tager højde for fordelinger som ikke normalfordelte, men kan indeholde værdier, der skiller sig ud ("outliers"). Det geometriske gennemsnit udregnes efter flg. formel i tilfælde af n observationer:

$$\bar{x}_{geo} = \sqrt[n]{x_1 * x_2 * \dots * x_n}$$

2.5.3 Median værdier

I forbindelse med undersøgelser af tidslige udviklinger anvendes også ofte median-værdier, som i lighed med de geometriske middelværdier vurderes at give et godt datagrundlag til vurdering af en udvikling over tid.

¹MADS: National database for miljøfremmede stoffer
(<http://www.dmu.dk/Vand/Havmilj%C3%B8/MADS/>)

2.5.4 Trend analyser

Til at vurdere en eventuel tidslig udvikling for PAH data fra de undersøgte stationer er anvendt en såkaldt Mann-Kendall test, hvor trendens hældning efterfølgende estimeres vha. Sen's metode. Begge test er non-parametriske. Testen er udført på log (ln)-transformerede geometriske middelværdier.

Mann-Kendall test

Mann-Kendall testen anvendes i tilfælde, hvor data x_i i en tidsserie formodes at kunne beskrives ved flg. model:

$$x_i = f(t_i) + \varepsilon_i,$$

hvor $f(t)$ er en monoton stigende eller faldende funktion af tiden t , og altså ikke sæsonafhængig eller på anden måde cyklisk varierende, og hvor residualen antages at have en fordeling med middelværdien 0. Variansen antages derfor også at være konstant over tid.

I denne undersøgelse, hvor data hidrører fra muslinger indsamlet i samme periode hvert år, og hvor der ikke skønnes at være regelmæssige fluktuationer i datagrundlaget, anses betingelserne for at anvende Mann-Kendall testen derfor at være opfyldte.

I undersøgelsen testes H_0 -hypotesen (ingen trend), dvs. om observationerne x_i er tilfældigt fordelt over perioden, mod H_1 -hypotesen for jævnt faldende eller stigende monoton trend. For datasæt med færre end 10 observationer anvendes den såkaldte S-statistik (Gilbert, 1987) efter flg. formel:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k),$$

hvor x_j og x_k er de årlige værdier i årene j og k , for $j > k$, henholdsvis, og hvor

$$\text{sgn}(x_j - x_k) = \begin{cases} 1 & \text{hvis } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{hvis } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{hvis } (x_j - x_k) < 0 \end{cases}$$

Hvis antallet af observationer er mindre end 9, sammenlignes den absolutte værdi af S direkte med teoretiske fordeling af S udledt af Mann og Kendall (Gilbert, 1987). Positive værdier af S betyder en stigende trend, mens negative værdier tilsvarende betydende en faldende trend.

Sen's metode

Sen's metode er anvendt til at estimere hældningen af den observerede trend. Det er en non-parametrisk metode, som forudsætter at trenden er lineær. Dette kan beskrives ved en ligning af 1'te grad:

$$f(t) = Q * t + B,$$

hvor Q er hældningen og B er den estimerede værdi ved periodens start.

Estimatet på hældningen findes ved at beregne hældningerne for alle data par:

$$Q_i = \frac{x_j - x_k}{j - k} \text{ for alle } j > k.$$

Hvis der er n x_j værdier i datasættet, fås $N = n*(n-1)/2$ estimater for hældningen af Q_i , og Sen's estimat af hældningen findes som medianen af disse N værdier af Q_i .

Til beregning af såvel trenden ved Mann-Kendall testen som hældningen ved Sen's metode er anvendt en Excel makro, MAKESENS 1.0, udviklet af det Finske Meteorologiske Institut, Helsingfors (Salmi et al., 2002). Makroen giver også mulighed for at udregne signifikans niveauet for den testede trend; der anvendes fire signifikans niveauer α , f.eks.:

**	$\alpha = 0,01$ (99 %)
*	$\alpha = 0,05$ (95 %)
+	$\alpha = 0,1$ (90 %)
	$\alpha > 0,1$ (< 90 %)

For hældningen Q kan der med den anvendte metode ikke angives et konfidensinterval for datasæt med færre end 10 observationer.

2.6 Petrogene vs. pyrogene PAHer

Adskillige undersøgelser har påvist, at specifikke forhold mellem forskellige PAHer kan anvendes til en differentiering mellem PAHer stammende fra petrogene og pyrogene kilder (se bl.a. Oros og Ross, 2004). Oros & Ross (2004) har bl.a. anvendt forholdet til at vurdere og allokere kilder til PAH forurening i sediment og muslinger. Baggrunden for at foretage en sådan kildeallokering er, at petrogene PAHer er karakteriseret ved et forholdsvis lavt antal aromatiske ringe, typisk 2 til 4, og som samtidig er substitueret med methylgrupper eller længere alkylkæder. I modsætning hertil er pyrogene PAHer karakteriseret ved en større grad af kondensation, dvs. et større antal ringe – typisk 4 til 6 eller højere, og uden substituerede alkylkæder. Årsagen til denne forskel skal findes i de forskellige dannelsesmekanismer for de to grupper af PAHer. Petrogene PAHer er dannet ud fra biologisk materiale under geokemiske betingelser (catagenese) ved forholdsvis milde temperaturer (ca. 150 °C), mens pyrogene PAHer er resultatet af ufuldstændige forbrændings- og andre højtemperaturprocesser (> 450 °C), hvilket bevirker, at de oprindelige molekyler cracker og rekondenserer, ligesom alkylkæder "klippes" af. De forhold som typisk anvendes til at skelne mellem petrogene og pyrogene PAHer fremgår af Tabel 2.2.

Rene petrogene kilder er lette råolier og lette fuelolier, mens pyrogene kilder kan være diverse restprodukter fra ufuldstændige forbrændinger (biomasse, kul, affald), mens også tunge fuelolier og destillationsrester, som har været udsat for høje temperaturer og cracknings-processer, giver ophav til pyrogene PAHer.

Tabel 2.2 PAH isomerforhold for udvalgte kilder (petrogene – pyrogene).

Ratio	Flu/(Flu+Pyr)	BaA/(BaA+C)	IPyr/(IPyr+BPer)
Olie (uforbrændt)	< 0,4	0,2	0,2
Olie + forbrænding		0,2 – 0,35	
Olieforbrænding	0,4 – 0,5		0,2 – 0,5
Div. Forbrænding	> 0,5	> 0,35	> 0,5

Udover de nævnte forhold er også anvendt det af Wang et al. (1999) udviklede pyrogen-index (PI). Indekset beregnes som forholdet mellem usubstituerede PAH med 3 til 6 ringe og fem alkylsubstituerede (C1 til C4 alkyl) PAH grupper med 2 til 4 ringe (dvs. naphthalener, fluorener, dibenzothiophener, phenanthrener og chrysener). Forfatterne finder i deres undersøgelse, at nedenstående PI værdier er karakteristiske for forskellige kilder (Tabel 2.3).

Tabel 2.3 Pyrogen-indeks (PI) for forskellige kilder.

	Råolier, let fuelolie	Tung fuelolie	Forbrændingssod
PI indeks	< 0,01	0,01 – 0,05	0,8 - 2

Når det drejer sig om muslinger bør de forskellige forhold dog anvendes med forsigtighed, idet muslinger fouragerer ved at filtrere vand, og forholdet mellem optagelse og udskillelse af PAH'er kan være delvist selektiv og kan derfor give en ændret fordeling i forhold til de oprindelige kilder.

Angående detaljer vedrørende prøveindsamling, prøveforberedelse mm. henvises generelt til de tekniske anvisninger for miljøfarlige stoffer i muslinger beskrevet i de tekniske anvisninger for marin overvågning (Pedersen et al., 2004).

2.7 Estimering af PAH eksponering

En samlet vurdering af PAH eksponeringen er foretaget ved at beregne den samlede belastning udtrykt i BaPyr ækvivalenter som omtalt i Kapitel 1. Beregningen er foretaget ved hjælp af såkaldte BaPyr toksicitets ækvivalens faktorer (TEF), som udtrykker den enkelte PAHs relative toksicitet i forhold til BaPyr:

$$T_{PAH} = \sum_{j=1}^n R_j y_j + x, \text{ hvor}$$

T_{PAH} = total PAH eksponering, n = det totale antal PAH komponenter eksklusiv BaPyr, y_j = eksponering med den j 'te PAH, R_j = den relative toksicitet (TEF) af den j 'te PAH i forhold til BaPyr og x = eksponeringen med BaPyr. Faktorerne for de enkelte PAH'er er vist i Tabel 1.2 i Kapitel 1.

3 Resultater og diskussion

Hvor prøveindsamlingen er foregået i amtsligt/kommunalt regi er der i præsentationen/diskussionen af data i denne rapport valgt at inddele disse i ni områder, som geografisk naturligt hører sammen. I det efterfølgende er resultaterne for disse ni områder omtalt og diskuteret på baggrund af resultaterne for de(n) enkelte station(er) i området. Data-præsentation og -diskussion er delt op i tre punkter, der dels beskriver det aktuelle indhold af PAHer i muslinger for det enkelte år opgjort i fem grupper afhængig af størrelse/antal aromatiske ringe (2 til 6), og dels den tidlige trend af PAH indholdet i muslinger, også her opgjort for tre PAH grupper (i.e. PAH-petro, PAH-pyro og PAH-bio) gennem non-parametriske Mann-Kendall test og Sen's estimat for hældning vha. Excel makroen MAKESENS, som beskrevet tidligere. Desuden diskuteres mulige kilder til PAH belastningen af det marine miljø gennem en undersøgelse af specifikke PAH isomer forhold, som menes at kunne allokerer de målte PAHer til enten petrogene eller pyrogene kilder. Disse forhold er nærmere omtalt i kapitel 2. Det samlede datagrundlag for diskussionerne i dette afsnit findes i Appendiks A (Tabel A1) og B (Tabel B1 til B22).

Endelig er der for hvert område foretaget en kort vurdering af de toksikologiske forhold omkring PAH eksponeringen på baggrund af de økotoxikologiske og humantoksikologiske kriterier omtalt i Kapitel 1.

3.1 Åbne kystnære farvande

3.1.1 Vadehavet

Vadehavet er som område karakteriseret af et kraftigt tidevand, der bevirker en betydelig grad af daglig vandudskiftning; det kan både betyde en kraftig fortynding af lokalt tilførte miljøfremmede stoffer, men samtidig også give tilførsel af stoffer ude fra. Samtidig er området også præget af stor skibstrafik og tilførsel af eventuelle oliespild fra Nordsøen, bl.a. fra offshore felterne. Disse forhold kan formodes at have indflydelse på indholdet og fordelingen af PAHer i muslinger indsamlet i området.

Tabel 3.1 Prøvetagningsstationer i Vadehavet, 1998-2005.

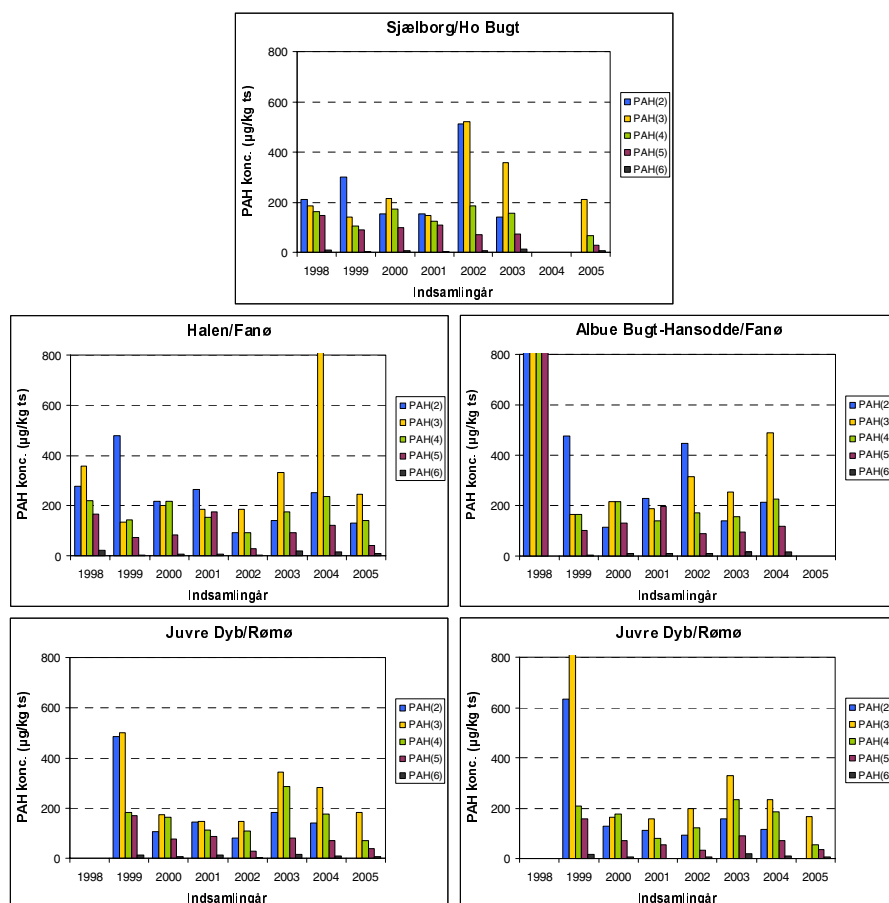
Stations (nr.)	Position	Indsamlingsår	Muslingeart	Amt
Sjælborg/Ho Bugt (2161022)	55°32,0' N - 008°20,3' E	1998-2003, 2005	Blåmusling	Ribe
Halen/Fanø (2161010)	55°26,5' N - 008°26,7' E	1998-2005	Blåmusling	Ribe
Hansodde/Fanø (2161011)	55°24,4' N - 008°28,1' E	2002-2005	Blåmusling	Ribe
Albue Bugt/Fanø (2161057)	55°23,9' N - 008°27,6' E	1998-2001	Blåmusling	Ribe
Juvre Dyb/Rømmø (JDMTM 1)	55°10,9' N - 008°36,0' E	1999-2005	Blåmusling	Sønderjylland
Lister Dyb/Rømmø (LDMTM 1)	55°05,7' N - 008°34,0' E	1999-2005	Blåmusling	Sønderjylland

Indsamlingen af muslinger er foretaget på fem/seks stationer af Ribe Amt (området omkring Ho Bugt/Fanø) og Sønderjyllands Amt (området omkring Rømmø) i perioden 1998 til 2005. Stationerne ved Albue Bugt (2161057) og Hansodde (2161011) dækker samme geografiske område, og de er derfor i denne undersøgelse betragtet som samme lokalitet, selv-

om der kan være tale om forskellige tidevandsområder. Ved alle stationer er der indsamlet blåmuslinger, som det fremgår af Tabel 3.1.

PAH niveauer i muslinger

Indholdet af PAHer i muslinger indsamlet i Vadehavsområdet i perioden 1998 til 2005 på de seks lokaliteter vist i Tabel 3.1 fremgår af Figur 3.1.



Figur 3.1 PAH indholdet (opgjort efter størrelse) i muslinger fra fem/seks stationer i Vadehavsområdet i perioden 1998 til 2005.

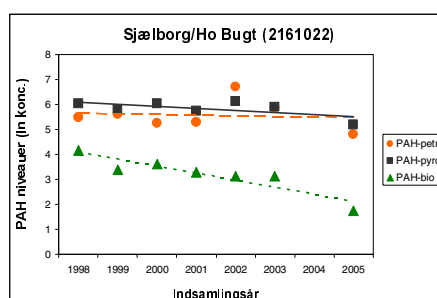
Det fremgår af figurene, at indholdet er domineret af PAHer med 2-4 ringe ved alle stationer og med et gennemsnitligt indhold på omkring 200 µg/kg ts. Enkelte målinger skiller sig markant ud, bl.a. Albue Bugt i 1998, hvor der for de alkylerede PAHer er målt værdier på omkring 1000 µg/kg ts, Halen i 2004, hvor PAH(3) har en værdi på omkring 875 µg/kg ts.

Af Tabel A1 i Appendiks A fremgår det, at for Vadehavsområdet under et finder man for hele perioden de højeste værdier (median) for det totale PAH indhold ved Hansodde med 1032 µg/kg ts; tilsvarende er det laveste indhold observeret ved Juvre Dyb (526 µg/kg ts).

Udvikling over tid (time trend)

Den tidslige udvikling af niveauerne for indholdet af PAH i muslinger for de aktuelle stationer er baseret på den geometriske middelværdi af de analyserede prøver for hvert indsamlingsår. Figur 3.2 til 3.4 viser de gennemsnitlige værdier og tendenser for de tre grupper af PAHer på en logaritmisk skala og for hver station. Tilsvarende giver de sammenhøren-

de tabeller (Tabel 3.2 til 3.4) de statistiske oplysninger fra MAKESENS testen.

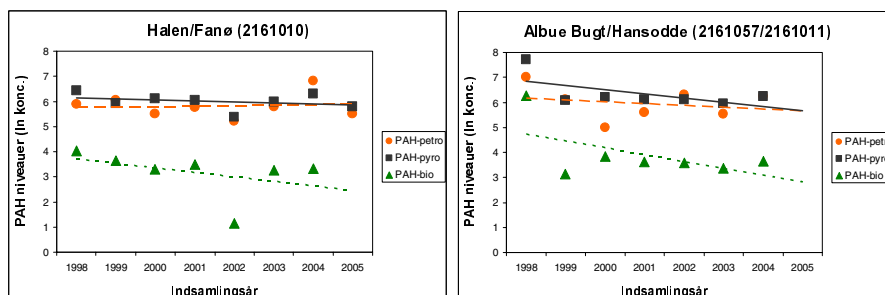


Figur 3.2 Udviklingen i gennemsnitlig koncentration (naturlig logaritme) af PAHer i muslinger i perioden 1998-2005 for Ho Bugt.

Figur 3.2 viser, at indholdet af såvel PAH-petro som PAH-pyro er svagt faldende for Sjælborg stationen i Ho Bugt over perioden, men at der ikke er tydelig signifikans for tendensen (Tabel 3.2; $\alpha > 0,1$). For perylen (PAH-bio) udviser den faldende tendens derimod en tydelig signifikans (Tabel 3.2; $\alpha = 0,01$).

Tabel 3.2 Trend og hældning estimeret ved MAKESENS for PAHer i muslinger fra Ho Bugt, 1998-2005.

	PAH-petro	PAH-pyro	PAH-bio
Trend (S)	-1	-5	-19
- signifikans (α)	$\alpha > 0,1$	$\alpha > 0,1$	$\alpha = 0,01$
Hældning (Q)	-0,058	-0,048	-0,263



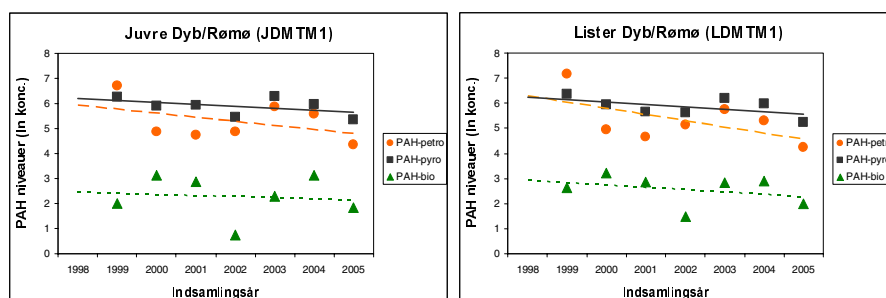
Figur 3.3 Udviklingen i gennemsnitlig koncentration (naturlig logaritme) af PAHer i muslinger i perioden 1998-2005 for det nordlige Vadehav (Fanø).

Tabel 3.3 Trend og hældning estimeret ved MAKESENS for PAHer i muslinger fra det nordlige Vadehav/Fanø, 1998-2005.

	Halen (Fanø)			Albue Bugt/Hansodde (Fanø)		
	PAH-petro	PAH-pyro	PAH-bio	PAH-petro	PAH-pyro	PAH-bio
Trend (S)	-4	-8	-11	-3	-5	-5
- signifikans (α)	$\alpha > 0,1$	$\alpha > 0,1$	$\alpha > 0,1$	$\alpha > 0,1$	$\alpha > 0,1$	$\alpha > 0,1$
Hældning (Q)	-0,030	-0,036	-0,105	-0,033	-0,042	-0,121

For de to lokaliteter ved Fanø viser Figur 3.3 igen svagt faldende tendenser for alle tre grupper af PAHer. Tydeligst for perylen og PAH-pyro ved Albue Bugt, men ingen af tendenserne udviser en tydelig signifikans (Tabel 3.3; $\alpha > 0,1$).

Lokaliteterne ved Rømø udviser samme svagt faldende tendens (Figur 3.4) som det var tilfældet ved Fanø, tydeligst for PAH-petro, men heller ikke her er der tale om en klar signifikans (Tabel 3.4; $\alpha > 0,1$).



Figur 3.4 Udviklingen i gennemsnitlig koncentration (naturlig logaritme) af PAHer i muslinger i perioden 1999-2005 for sydlige Vadehav (Rømø).

Tabel 3.4 Trend og hældning estimeret ved MAKESENS for PAHer i muslinger fra det sydlige Vadehav/Rømø, 1998-2005.

	Juvre Dyb (Rømø)			Lister Dyb (Rømø)		
	PAH-petro	PAH-pyro	PAH-bio	PAH-petro	PAH-pyro	PAH-bio
Trend (S)	-7	-5	-1	-5	-9	-3
- signifikans (α)	$\alpha > 0,1$	$\alpha > 0,1$	$\alpha > 0,1$	$\alpha > 0,1$	$\alpha > 0,1$	$\alpha > 0,1$
Hældning (Q)	-0,151	-0,110	-0,027	-0,275	-0,137	-0,081

Vurdering af kilder

Som det blev omtalt i kapitel 2 er kilderne til PAH belastningen undersøgt ved hjælp af en række PAH isomer ratioer og PI indeks. De målte værdier fremgår af Tabel 3.5. Generelt ses det, at de fleste værdier antyder pyrogene kilder eller blandede kilder; kun et par målinger antyder, at der kunne være tale om petrogene PAHer, fx fra oliespild. Dette synes at være i overensstemmelse med at PAH-pyro generelt er højere end PAH-petro (cf. Figur 3.3 og 3.4).

Tabel 3.5 PAH isomer ratioer og PI for muslinger fra Vadehavet, 1998-2005.

	Flu/(Flu+Pyr)	BaA/(BaA+C)	BPyr/(BPyr+BPer)	PI
	Pet < 0,2; Pyr > 0,5	Pet < 0,2; Pyr > 0,35	Pet < 0,2; Pyr > 0,5	Pet < 0,1; Pyr > 0,5
Sjælborg	0,59 – 0,69	0,21 – 0,53	0,43 – 0,82	0,2 – 0,8
Halen	0,17 – 0,65	0,21 – 0,67	0,34 – 0,80	0,3 – 0,8
Albue Bugt	0,54 – 0,68	0,21 – 0,48	0,56 – 0,72	0,4 – 1,0
Hansodde	0,56 – 0,63	0,32 – 0,39	0,48 – 0,52	0,3 – 0,6
Juvre Dyb	0,39 – 0,66	0,16 – 0,39	0,35 – 0,70	0,3 – 1,0
Lister Dyb	0,22 – 0,64	0,18 – 0,37	0,41 – 0,83	0,2 – 0,9

Økotoxikologi og eksponering

De laveste økotoxikologiske kriterier vist i Tabel 1.1 er let overskredet for anthracen for et par stationer i begyndelsen af perioden, mens der ingen overskridelser er for den sidste del af perioden. Tilsvarende forholdet det sig med risikoen for den humane eksponering udtrykt ved summen af benzo(a)pyren toksicitets ækvivalenter (BaPyr-TE) beregnet ud fra Tabel 1.2 (Nisbet & LaGoy). Her har det estimerede totale indhold i muslingerne kun i tre tilfælde overskredet grænseværdien på ca. 50 μg BaPyr/kg ts. I 1998 observeredes værdier over 200 μg BaPyr-TE/kg ts i muslinger fra Albuen, og i 2001 observeredes værdier på 68 og 73 μg BaPyr-TE/kg ts ved hhv. Halen og Albuen; i begge tilfælde er der tale om høje BaPyr værdier. Øvrige værdier er alle under 50 μg BaPyr-TE/kg ts, og der er observeret en faldende tendens for alle stationer.

3.1.2 Østjylland: Randers Fjord og Århus Bugt

Det østjyske område er dækket af to områder, Randers Fjord og Århus Bugt. Da de to stationer i Randers Fjord ligger forholdsvis tæt på udløbet ved Udbyhøj er det valgt at betragte disse to stationer som åbenvandsstationer (Kattegat) og diskutere dem i sammenhæng med Århus Bugt området, som også marint og vandudskiftningsmæssigt er i nær kontakt med Kattegat området.

Yderligere oplysninger om miljøtilstanden i Randers Fjord og Århus Bugt kan bl.a. findes i rapporter fra Århus Amt, hhv. Møller (2005) og Sømod (2005).

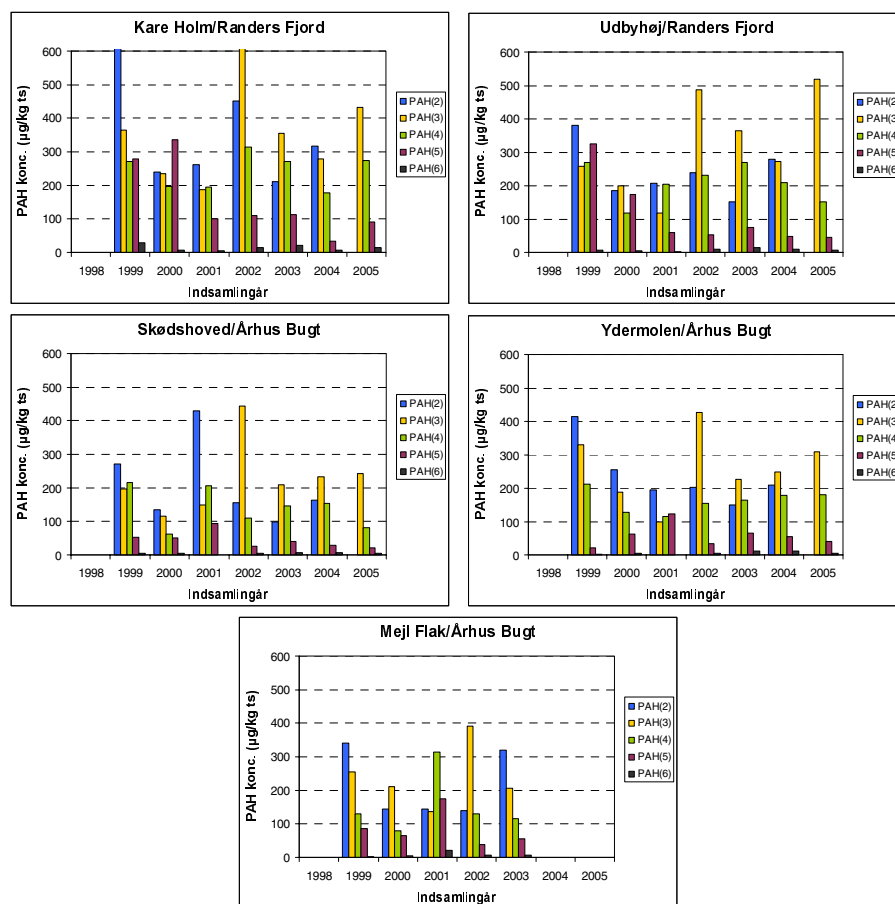
Tabel 3.6 Prøvetagningsstationer i Randers Fjord og Århus Bugt, 1999-2005.

Station (nr.)	Position	Indsamlingsår	Muslingear	Amt
Randers Fjord – Kare Holm (230987)	56°32,81' N - 010°14,00' E	1999-2005	Blåmusling	Århus
Randers Fjord – Udbyhøj (230988/230966)	56°36,59' N - 010°18,17' E	1999-2005	Blåmusling	Århus
Århus Bugt – Skødshoved (170167)	56°11,55' N - 010°21,20' E	1999-2005	Blåmusling	Århus
Århus Havn – ydermole (170165)	56°08,31' N - 010°13,66' E	1999-2003, 2005	Blåmusling	Århus
Århus Bugt – Mejl Flak (170166)	56°02,81' N - 010°26,54' E	1999-2003	Blåmusling	Århus

Udover de to stationer ved Randers Fjord indgår tre stationer fra Århus Bugt, og som det fremgår af Tabel 3.6, er der indsamlet og analyseret blåmuslinger fra perioden 1999-2005.

PAH niveauer i muslinger

Indholdet af PAHer i muslinger indsamlet ved Randers Fjord og i Århus Bugt i perioden 1999 til 2005 på de fem lokaliteter nævnt i Tabel 3.6 fremgår af søjlediagrammerne i Figur 3.5.

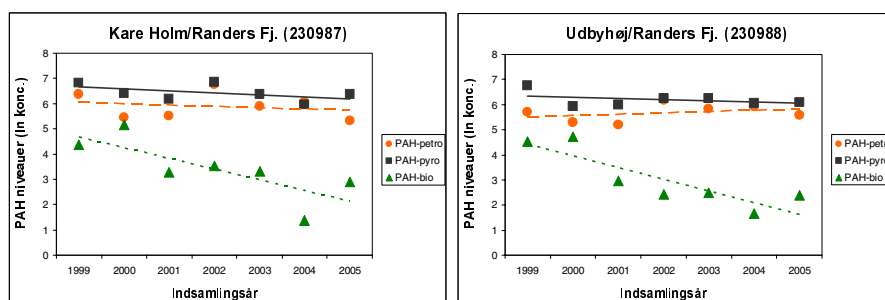


Figur 3.5 PAH indholdet (opgjort efter antal ringe) i muslinger fra fem stationer i Randers Fjord/Århus Bugt i perioden 1998 til 2005.

Det fremgår af Figur 3.5, at indholdet også her er domineret af PAHer med 2 til 4 ringe. Som for Vadehavet ligger niveauerne generelt omkring 200 µg/kg ts for alle årene i Århus Bugt, mens det synes at være højere i Randers Fjord. Således er der her i 2002 observeret værdier på godt 900 µg/kg ts for 3-ringede PAHer (især phenanthrener). De højere værdier i Randers Fjord skyldes formodentlig en kraftigere kilde (Gudenåen og Randers by) og meget skibstrafik i kombination med en mindre vandudskiftning (dvs. fortynding) end i Århus Bugt området.

Af Tabel A1 i Appendiks A fremgår det, at for det Østjyske område under et finder man for hele perioden de højeste værdier (median) for det totale PAH indhold ved Kare Holm i Randers Fjord med 971 µg/kg ts; tilsvarende er det laveste indhold (median) observeret ved Skødshoved med 581 µg/kg ts. Udvikling over tid (time trend).

Den tidlige udvikling af niveauerne for indholdet af PAH i muslinger for de østjyske stationer er vurderet ud fra et årgennemsnit for hver af de fem stationer. Figur 3.6 og 3.7 herunder viser gennemsnittene for de enkelte år på logaritmisk skala for henholdsvis Randers Fjord og Århus Bugt området.



Figur 3.6 Udviklingen i gennemsnitlig koncentration (naturlig logaritme) af PAHer i muslinger i perioden 1999-2005 for ydre Randers Fjord.

De to stationer ved Randers Fjord udviser svage tendenser (Tabel 3.7; $\alpha > 0,1$) for både PAH-petro og PAH-pyro. For Kare Holm er det svagt faldende tendenser, mens der for Udbyhøj observeres en meget svagt stigende tendens for både PAH-petro og PAH-pyro. For begge stationer ses imidlertid kun en tydelig og signifikant faldende tendens for perylen, som det også blev observeret ved Vadehavet. Der er ikke umiddelbart nogen forklaring på dette tydelige fald i indholdet af perylen.

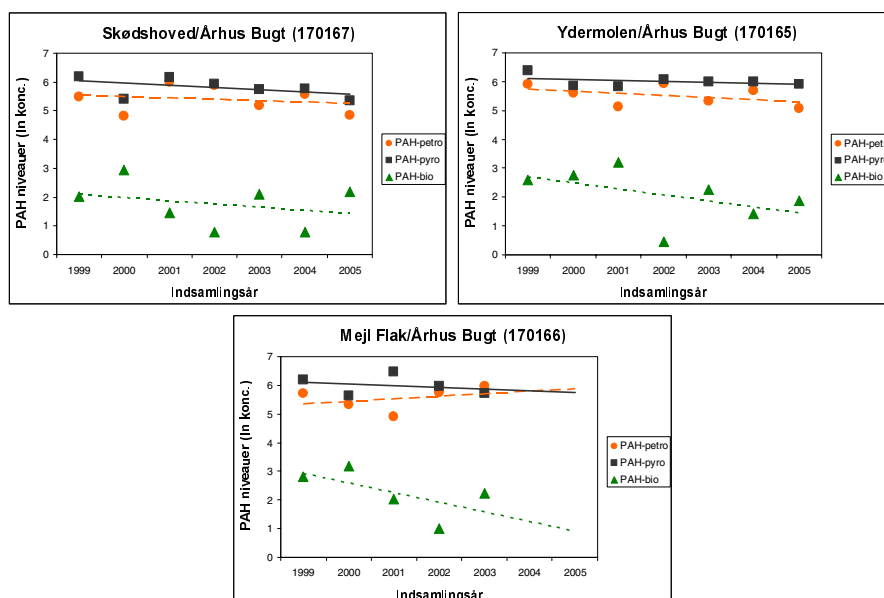
Tabel 3.7 Trend og hældning estimeret ved MAKESENS for PAHer i muslinger fra Randers Fjord, 1999-2005.

	Kare Holm (Randers Fjord)			Udbyhøj (Randers Fjord)		
	PAH-petro	PAH-pyro	PAH-bio	PAH-petro	PAH-pyro	PAH-bio
Trend (S)	-3	-7	-13	+3	+1	-15
- signifikans (α)	$\alpha > 0,1$	$\alpha > 0,1$	$\alpha = 0,1$	$\alpha > 0,1$	$\alpha > 0,1$	$\alpha = 0,05$
Hældning (Q)	-0,045	-0,076	-0,276	+0,047	+0,001	-0,469

De tre stationer i Århus Bugt udviser alle svagt faldende tendenser for alle tre grupper af PAHer med undtagelse af Mejl Flak, hvor der observeres en svagt stigende tendens for indhold af PAH-petro (Figur 3.7). Der er dog i ingen af tilfældene tale om signifikante tendenser ($\alpha > 0,1$).

Tabel 3.8 Trend og hældning estimeret ved MAKESENS for PAH i muslinger fra Århus Bugt, 1999-2005.

	Skødshoved (Århus Bugt)			Ydermolen (Århus Bugt)		
	PAH-petro	PAH-pyro	PAH-bio	PAH-petro	PAH-pyro	PAH-bio
Trend (S)	-3	-11	-1	-7	-3	-7
- signifikans (α)	$\alpha > 0,1$	$\alpha > 0,1$	$\alpha > 0,1$	$\alpha > 0,1$	$\alpha > 0,1$	$\alpha > 0,1$
Hældning (Q)	-0,106	-0,113	-0,152	-0,108	-0,038	-0,183



Figur 3.7 Udviklingen i gennemsnitlig koncentration (naturlig logaritme) af PAH i muslinger i perioden 1999-2005 for Århus Bugt.

Vurdering af kilder

PAH indholdet i muslinger fra alle de undersøgte stationer i det østjyske område synes generelt at have et overvejende bidrag fra pyrogene kilder, i mindre omfang blandede kilder (Tabel 3.9). BaA/(BaA+C) forholdet antyder dog, at visse prøver, især fra Århus Bugt, har et større petrogent bidrag, men da det ikke slår igennem i de øvrige forhold, bør det tages med et vist forbehold. Igen stemmer dette med, at PAH-pyro generelt er højere end PAH-petro (cf. Figur 3.6 og 3.7).

Tabel 3.9 PAH isomer ratioer og PI for muslinger fra Randers Fjord og Århus Bugt, 1999-2005.

	Flu/(Flu+Pyr)	BaA/(BaA+C)	BPyr/(BPyr+BPer)	PI
	Pet < 0,2; Pyr > 0,5	Pet < 0,2; Pyr > 0,35	Pet < 0,2; Pyr > 0,5	Pet < 0,1; Pyr > 0,5
Kare Holm	0,58 – 0,68	0,21 – 0,44	0,41 – 0,81	0,3 – 1,2
Udbyhøj	0,58 – 0,74	0,17 – 0,46	0,59 – 0,88	0,4 – 1,1
Skødshoved	0,59 – 0,74	0,18 – 0,38	0,57 – 0,92	0,2 – 0,7
Ydermolen	0,61 – 0,74	0,15 – 0,44	0,47 – 0,84	0,3 – 0,7
Mejl Flak	0,61 – 0,69	0,06 – 0,29	0,22 – 0,67	0,3 – 1,2

Økotoxikologi og eksponering

Som det var tilfældet i Vadehavet overskrider muslinger fra flere stationer også her svagt OSPARs laveste økotoxikologiske kriterier i begyndelsen af perioden. Med hensyn til grænseværdien for summen af Ba-Pyr-TE for muslinger er der kun i to tilfælde observeret værdier over 50 µg BaPyr-TE/kg ts. I begge tilfælde drejer det sig om muslinger indsamlet ved Kare Holm, hvor der i 1999 og 2000 er målt værdier på hhv. 53 og 96 µg BaPyr-TE/kg ts. Generelt synes der at være en faldende tendens med hensyn til toksicitet af PAHer i muslinger fra alle stationer.

3.1.3 Sydlige Lillebælt

Det sydlige Lillebælt omfatter det kystnære farvand ved østlige Sønderjylland med to stationer ved Als og Flensborg Fjord (Tabel 3.10). Ud over vandudskiftninger gennem Lillebælt står stationerne også i tæt kontakt med den vestlige del af Østersøen, som både kan fjerne og tilføre miljøfremmede stoffer. Stationen ved Kobbermølle Bugt inde i Flensborg

Fjord må formodes at have en mindre vandudskiftning end det østlige Als, der ligger direkte ud til Østersøen, ligesom der kan tænkes betydelige bidrag fra Flensborg by, sådan som det blev observeret for ydre del af Randers Fjord ved Kattegat.

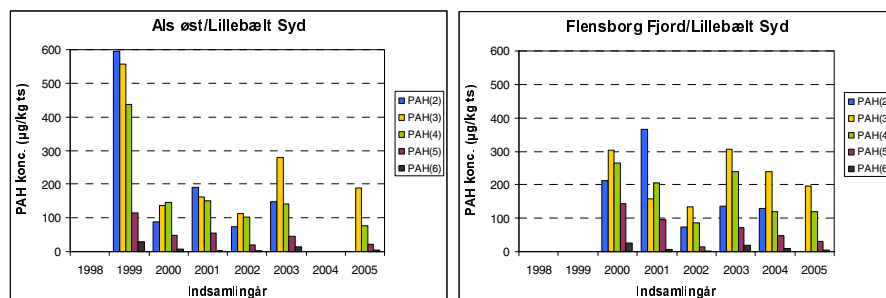
Tabel 3.10 Prøvetagningsstationer i det sydlige Lillebælt, 1999-2005.

Station (nr.)	Position	Indsamlingsår	Muslingeart	Amt
Als øst (LBMTM 2)	55°00,63' N - 009°58,14' E	1999-2005	Blåmusling	Sønderjylland
Flensborg Fjord (FFMTM 1)	54°50,11' N - 009°26,44' E	2000-2005	Blåmusling	Sønderjylland

PAH niveauer i muslinger

Niveauerne af PAH'er opdelt på fem grupper for muslinger indsamlet ved Als østkyst og Flensborg Fjord i perioden 1999 til 2005 er vist i Figur 3.8.

Som for de øvrige områder diskuteret indtil nu, er PAH indholdet ved disse to stationer domineret af de mindre (2-4 ringe) PAH'er, og niveauerne ligger generelt under 200 µg/kg ts. Som forventet observeres der lidt højere indhold i muslinger fra Flensborg Fjord end fra Als med undtagelse af 1999, hvor Als har et meget højt niveau (500-600 µg/kg ts).



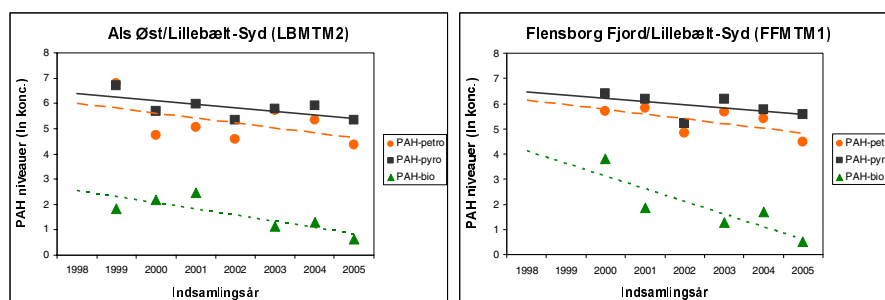
Figur 3.8 PAH indholdet (opgjort efter antal ringe) i muslinger fra to stationer i sydlige Lillebælt i perioden 1999 til 2005.

Af Tabel A1 i Appendiks A fremgår det, at for det sydlige Lillebælt under et finder man for hele perioden de højeste værdier (median) for det totale PAH indhold i muslinger fra Flensborg Fjord med 660 µg/kg ts, mens det laveste indhold er observeret ved Als med 491 µg/kg ts.

Udvikling over tid (time trend)

Den tidslige udvikling af niveauerne for indholdet af PAH i muslinger for de to stationer i det sydlige Lillebælt er vurderet ud fra de enkelte års geometriske gennemsnit (Figur 3.9).

For begge stationer ses svagt faldende tendenser for både PAH-petro og PAH-pyro, men som det ses af Tabel 3.11 er udviklingen er ikke signifikant ($\alpha > 0,1$). For perylen er der også faldende tendens; for muslinger fra Flensborg Fjord er den faldende tendens for perylen af lidt højere signifikans (Tabel 3.11; $\alpha = 0,1$). Som omtalt tidligere er der ingen umiddelbar forklaring på dette tydelige fald i indholdet af perylen.



Figur 3.9 Udviklingen i gennemsnitlig koncentration (naturlig logaritme) af PAHer i muslinger i perioden 1999-2005 for det sydlige Lillebælt.

Tabel 3.11 Trend og hældning estimeret ved MAKESENS for PAHer i muslinger fra det sydlige Lillebælt, 1999-2005.

	Als øst (sydlige Lillebælt)			Flensborg Fj. (sydlige Lillebælt)		
	PAH-petro	PAH-pyro	PAH-bio	PAH-petro	PAH-pyro	PAH-bio
Trend (S)	-7	-9	-7	-9	-9	-8
- signifikans (α)	$\alpha > 0,1$	$\alpha > 0,1$	$\alpha > 0,1$	$\alpha > 0,1$	$\alpha > 0,1$	$\alpha = 0,1$
Hældning (Q)	-0,171	-0,156	-0,219	-0,140	-0,162	-0,446

Vurdering af kilder

Vurderet ud fra de beregnede PAH isomer forhold vist i Tabel 3.12 vurderes de målte PAHer i muslingerne langt overvejende at være af pyrogen oprindelse. Kun BaA/(BaA+C) forholdet giver som tidligere observeret en vis antydning af petrogene bidrag. Det overvejende pyrogene indhold svarer til, at PAH-pyro > PAH-petro (cf. Figur 3.9).

Tabel 3.12 PAH isomer ratioer og PI for muslinger fra det sydlige Lillebælt, 1999-2005.

	Flu/(Flu+Pyr)	BaA/(BaA+C)	BPy/(BPy+BPer)	PI
	Pet < 0,2; Pyr > 0,5	Pet < 0,2; Pyr > 0,35	Pet < 0,2; Pyr > 0,5	Pet < 0,1; Pyr > 0,5
Als øst	0,62 – 0,82	0,15 – 0,33	0,46 – 0,83	0,4 – 0,8
Flensborg Fjord	0,52 – 0,65	0,25 – 0,39	0,49 – 0,81	1,5 – 0,8

Økotoxikologi og eksponering

De økotoxikologiske kriterier vist i Tabel 1.1 er i ikke overskredet for muslinger i dette område. BaPyr grænseværdien på ca. 50 µg/kg ts har derimod været let overskredet for summen af BaPyr-TE i muslinger i to tilfælde i Flensborg Fjord med værdier på 59 og 54 µg BaPyr-TE/kg ts i hhv. 2000 og 2001; der er generelt observeret en faldende tendens.

3.1.4 Storebælt

Storebælt er karakteriseret af stor vandgennemstrømning, hvor strømretningen ofte skifter, hvilket giver en høj vandskiftning med høj fortyndningseffekt til følge. Samtidig er Storebælt også et farvand med en meget høj skibstrafik og hyppige oliespild til følge, ligesom olieraffinaderiet ved Kalundborg og det tidligere raffinaderi ved Stignæs kan give forøget belastning med PAHer. Også fra Østersøen kan der ske tilførsel af PAHer. I denne undersøgelse indgår kun en station ved Egholm Flak i den sydlige del af Storebælt (Tabel 3.13).

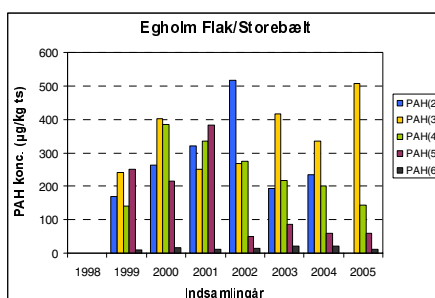
Tabel 3.13 Prøvetagningsstation i Storebælt, 1999-2005

Station (nr.)	Position	Indsamlingsår	Muslingeart	Amt/Andet
Egholm Flak (M39)	55°14,70' N - 011°11,70' E	1999-2005	Blåmusling	DMU

PAH niveauer i muslinger

Muslinger indsamlet ved Egholm Flak viser et indhold af PAHer som generelt ligger over de niveauer, der set ved de tidligere diskuterede områder. Også her er indholdet domineret af PAHer med 2-4 ringe, men niveauerne er generelt højere end 200 µg/kg ts (se Figur 3.10). Årsagen her til kan være de tidligere omtalte forhold med stor skibstrafik og hyppige oliespild. Et andet forhold som kan gøre sig gældende er, at de hyppige skift af strømretningen gennem Storebælt ud over at give en fortyndings-effekt også kan give øget tilførsel af miljøfremmede stoffer fra Østersøen.

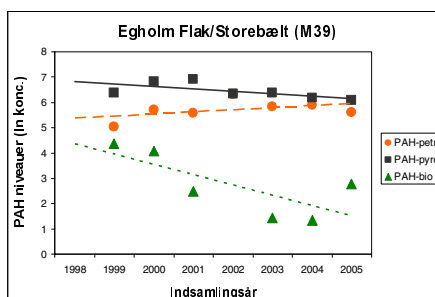
Tabel A1 i Appendiks A viser, at median værdien for det totale PAH indhold over hele perioden for denne station i Storebælt er beregnet til 1028 µg/kg ts.



Figur 3.10 PAH indholdet (opgjort efter antal ringe) i muslinger fra en station i Storebælt i perioden 1999 til 2005.

Udvikling over tid (time trend)

Den tidslige udvikling af niveauerne for indholdet af PAH i muslinger for stationen ved Egholm Flak i Storebælt er som tidligere vurderet ud fra de årlige geometriske gennemsnit. Figur 3.11 viser tendensen for de tre grupper af PAHer: PAH-petro, PAH-pyro og PAH-bio.



Figur 3.11 Udviklingen i gennemsnitlig koncentration (naturlig logaritme) af PAHer i muslinger i perioden 1999-2005 for Storebælt.

Tabel 3.14 Trend og hældning estimeret ved MAKESENS for PAHer i muslinger fra Storebælt, 1999-2005.

	PAH-petro	PAH-pyro	PAH-bio
Trend (S)	+7	-11	-9
- signifikans (α)	$\alpha > 0,1$	$\alpha > 0,1$	$\alpha > 0,1$
Hældning (Q)	+0,071	-0,093	-0,376

Af figuren fremgår, at der er svagt faldende tendenser for indholdet af PAH-pyro og PAH-bio, mens der er en svag stigende tendens for de petrogener PAHer. For alle tre grupper gælder imidlertid, at der ikke er tale om signifikante tendenser ($\alpha > 0,1$), som det fremgår af Tabel 3.14. Stig-

ningen i indholdet af de petrogene PAHer kan have en sammenhæng med de jævnlige oliespild i området.

Vurdering af kilder

På trods af den observerede stigende tendens for indholdet af petrogene PAHer kan der ikke ud fra de beregnede isomer forhold konstateres et markant udtryk for petrogene kilder; alle fire parametre peger næsten entydigt på pyrogene kilder (Tabel 3.15) i overensstemmelse med at PAH-pyro > PAH-petro (Figur 3.11). Ud fra dette synes de førømtalte oliespild ikke at have stor indflydelse på indholdet af PAH i muslinger.

Tabel 3.15 PAH isomer ratioer og PI for muslinger fra Storebælt, 1999-2005.

	Flu/(Flu+Pyr)	BaA/(BaA+C)	BPyr/(BPyr+BPer)	PI
	Pet < 0,2; Pyr > 0,5	Pet < 0,2; Pyr > 0,35	Pet < 0,2; Pyr > 0,5	Pet < 0,1; Pyr > 0,5
Egholm Flak	0,61 – 0,74	0,21 – 0,51	0,37 – 0,76	0,4 – 1,3

Økotoksikologi og eksponering

For denne station i Storebælt har OSPARs laveste økotoksikologiske kriterier (Tabel 1.1) for muslinger været let overskredet for anthracen i begyndelsen af perioden. Ligeledes har den samlede estimerede BaPyr belastning overskredet 50 µg BaPyr-TE/kg ts grænseværdien i to tilfælde med værdier på 69 og 77 µg BaPyr-TE/kg ts i hhv. 2000 og 2001. Generelt er der dog også her observeret en faldende tendens for toksiciteten af PAH indholdet i muslinger.

3.1.5 Øresund

I lighed med Storebælt er Øresund også karakteriseret af stor vandgenemstrømning og meget skibstrafik. Som i Storebælt er der også her hyppige oliespild, både fra gennemsejrende trafik og fra bunkringsuheld på Københavns Red. Der indgår fire stationer i området, to fra den nordlige del af Øresund, en fra Københavns Havn og en fra området lige syd for Amager, som det fremgår af Tabel 3.16. Yderligere oplysninger om miljøtilstanden i Øresund kan bl.a. findes i rapporten Øresund 2004 (2005).

Tabel 3.16 Prøvetagningsstationer i Øresund, 1999-2005.

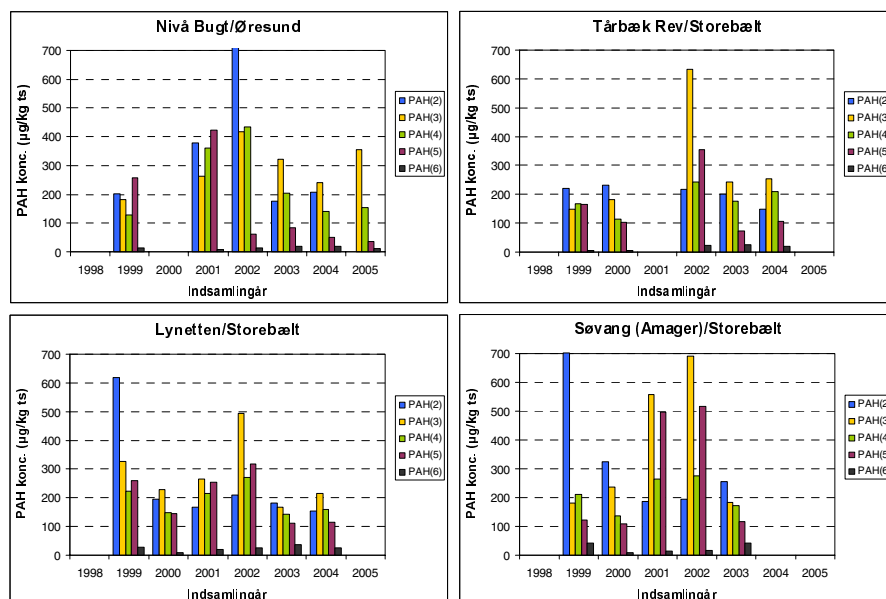
Station (nr.)	Position	Indsamlingsår	Muslingeart	Amt/Andet
Øresund - Nivå Bugt (M31)	55°54,8' N - 012°32,1' E	1999, 2001, 2003- 2005	Blåmusling	DMU
Øresund - Tårnbæk Rev* (T1)	55°48,2' N - 012°35,7' E	1999-2000, 2002- 2004	Blåmusling	Københavns Kommune
København - Lynetten (L1)	55°43,6' N - 012°37,9' E	1999-2004	Blåmusling	Københavns Kommune
Amager - Søvang (A1)	55°34,3' N - 012°42,7' E	1999-2003	Blåmusling	Københavns Kommune

*Tårnbæk Rev omfatter indsamling ved lokaliteterne Vedbæk, Strandmøllen og Skovshoved.

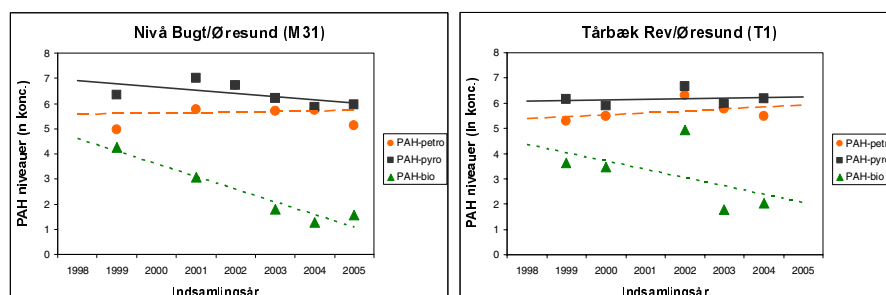
PAH niveauer i muslinger

Figur 3.12 her under viser samme tendens som observeret for tidligere omtalte stationer, at indholdet er domineret af de 2-4 ringede PAHer. Interessant nok synes de største niveauer (over 200 µg/kg ts) at være ved yderstationerne Nivå Bugt og Amager, og ikke som man kunne havde forventet, at stationer tættest på Københavns Red (Tårnbæk Rev) med hyppige oliespild fra bunkringsuheld og Københavns Havn (Lynetten) ville være kraftigst belastet. Her kan den kraftige strøm i Øresund imidlertid spille en afgørende rolle for fordeling af miljøfremmede stoffer.

Af Tabel A1 i Appendiks A finder man, at for Øresundsområdet under et er de højeste værdier (median) for det totale PAH indhold observeret ved Søvang/Amager med 1259 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ts, mens laveste værdi (median) er observeret ved Tårnbæk Rev med 715 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ts.



Figur 3.12 PAH indholdet (opgjort efter antal ringe) i muslinger fra stationer i Øresund i perioden 1999 til 2005.



Figur 3.13 Udviklingen i gennemsnitlig koncentration (naturlig logaritme) af PAHer i muslinger i perioden 1999-2005 for nordlige Øresund.

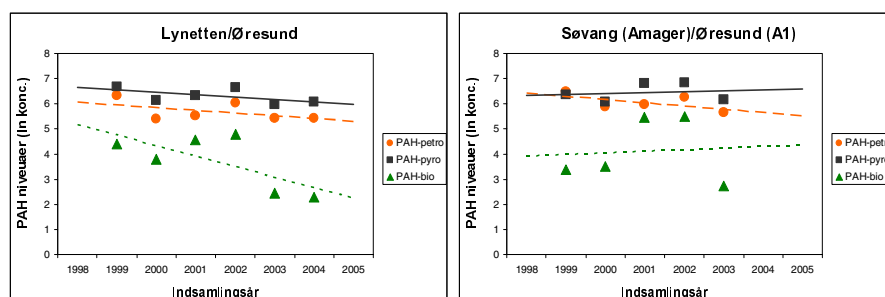
Det fremgår af Figur 3.13, at mens der for Nivå Bugt er svag faldende tendens for både PAH-petro og PAH-pyro, så forholder det sig modsat for muslinger fra Tårnbæk Rev, hvor der observeres svagt stigende tendenser; her kan oliespild spille ind. Der er dog i ingen af tilfældene tale om signifikante tendenser ($\alpha > 0,1$). For begge stationer er der et tydeligt fald ($\alpha = 0,1$ for Nivå Bugt) i indholdet af perylen (Tabel 3.17).

Tabel 3.17 Trend og hældning estimeret ved MAKESENS for PAHer i muslinger fra det nordlige Øresund, 1999-2005.

	Nivå Bugt (Øresund)			Tårnbæk Rev (Øresund)		
	PAH-petro	PAH-pyro	PAH-bio	PAH-petro	PAH-pyro	PAH-bio
Trend (S)	-1	-9	-8	+4	+2	-4
- signifikans (α)	$\alpha > 0,1$	$\alpha > 0,1$	$\alpha = 0,1$	$\alpha > 0,1$	$\alpha > 0,1$	$\alpha > 0,1$
Hældning (Q)	-0,016	-0,259	-0,557	+0,069	+0,015	-0,340

For de øvrige stationer i Øresund viser Figur 3.14, at der er svagt faldende tendenser for muslinger ved Lynetten, mens der ved Søvang, Amager, er svagt stigende tendenser for både PAH-petro og perylen; PAH-

petro viser her et svagt fald. Som det fremgår af Tabel 3.18 er ingen af de observerede tendenser signifikante ($\alpha > 0,1$).



Figur 3.14 Udviklingen i gennemsnitlig koncentration (naturlig logaritme) af PAHer i muslinger i perioden 1999-2005 for sydlige Øresund.

Tabel 3.18 Trend og hældning estimeret ved MAKESENS for PAHer i muslinger fra sydlige Øresund, 1999-2005.

	Lynetten (Øresund)			Søvang/Amager (Øresund)		
	PAH-petro	PAH-pyro	PAH-bio	PAH-petro	PAH-pyro	PAH-bio
Trend (S)	-5	-7	-5	-2	+2	+2
- signifikans (α)	$\alpha > 0,1$	$\alpha > 0,1$	$\alpha > 0,1$	$\alpha > 0,1$	$\alpha > 0,1$	$\alpha > 0,1$
Hældning (Q)	-0,047	-0,091	-0,430	-0,121	+0,035	+0,081

Vurdering af kilder

Tabellen herunder viser de beregnede PAH isomer forhold til brug for kildevurderingen. Tallene viser, at der som for de tidligere diskuteret stationer er tale om overvejende pyrogene bidrag. Dette stemmer også her med, at PAH-pyro > PAH-petro (Figur 3.13 og 3.14). Det viser også, at eventuelle oliespild ikke påvirker PAH indholdet i muslinger.

Tabel 3.19 PAH isomer ratioer og PI for muslinger fra Øresund, 1999-2005.

	Flu/(Flu+Pyr)	BaA/(BaA+C)	BPyr/(BPyr+BPer)	PI
	Pet < 0,2; Pyr > 0,5	Pet < 0,2; Pyr > 0,35	Pet < 0,2; Pyr > 0,5	Pet < 0,1; Pyr > 0,5
Nivå Bugt	0,51 – 0,75	0,30 – 0,44	0,41 – 0,77	0,4 – 1,3
Tårnbæk Rev	0,53 – 0,64	0,19 – 0,42	0,48 – 0,82	0,5 – 0,9
Lynetten	0,45 – 0,63	0,23 – 0,46	0,38 – 0,60	0,6 – 1,0
Amager	0,47 – 0,68	0,20 – 0,53	0,40 – 0,67	0,4 – 0,9

Økotoksikologi og eksponering

Som det er tilfældet for de øvrige åbne kystnære områder har indholdet af anthracen i muslinger fra Øresund også svagt overskredet de laveste OSPAR økotoksikologiske kriterier, specielt i starten af perioden. Den samlede estimerede toksicitet af PAH indholdet udtrykt som summen af BaPyr-TE har ligeledes overskredet værdien på 50 µg BaPyr-TE/kg ts i en række tilfælde. Således måles værdier på 87 og 80 µg BaPyr-TE/kg ts ved hhv. Nivå (2001) og Tårnbæk (2002); også ved Lynetten er der målt høje værdier (54 til 71 µg BaPyr-TE/kg ts) i årene 1999-2002. Ved Søvang målt værdier over 140 µg BaPyr-TE/kg ts i 2001 og 2002. Toksiciteten af PAH indholdet synes dog generelt at udvise en faldende tendens ved alle stationer.

3.2 Fjorde og "lukkede" farvande

3.2.1 Limfjorden

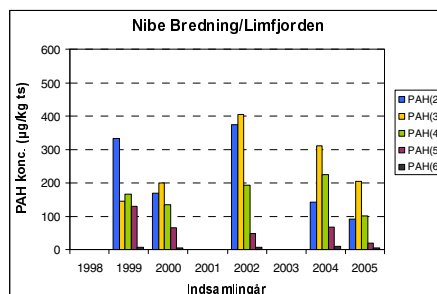
Dette marine område omfatter kun en station ved Nibe Bredning omtrent midt i Limfjorden. Årsagen til at der ikke er medtaget flere stationer fra dette område er, at ingen af de øvrige stationer har haft en tilstrækkelig fortløbende indsamling og analyse af prøver til, at de har kunnet anvendes i nærværende rapport. På trods af sin udstrækning er Limfjorden i denne undersøgelse betragtet som et delvist lukket farvand, da udløbene i såvel vest ved Thyborøn som i øst ved Hals er snævre, og vandudskiftningen formodes derfor ikke at nær så betragtelig som i åbne farvande som f.eks. Vadehavet eller Kattegat. Fra stationen ved Nibe Bredning er der foretaget indsamling af muslinger fra 1999 til 2005, som det fremgår af Tabel 3.20. Yderligere oplysninger om vandmiljøet i Limfjorden kan bl.a. findes i en rapport fra Limfjordsovervågningen (Groos et al., 2005).

Tabel 3.20 Prøvetagningsstation i Limfjorden, 1999-2005.

Station (nr.)	Position	Indsamlingsår	Muslingeart	Amt/Andet
Nibe Bredning (MSS 3)	57°00,60' N - 009°38,50' E	1999-2000, 2002, 2004-2005	Blåmusling	Nordjylland

PAH niveauer i muslinger

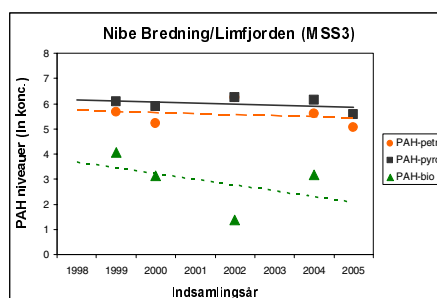
Figur 3.15 viser, at niveauerne er relativt lave for denne station, og at indholdet igen er domineret af PAHer med 2-4 ringe. Af Tabel A1 i Appendiks A ser man også, at median værdien for det totale indhold af PAHer for hele perioden er 758 µg/kg ts.



Figur 3.15 PAH indholdet (opgjort efter antal ringe) i muslinger fra Nibe Bredning i Limfjorden i perioden 1999 til 2005.

Udvikling over tid (time trend)

Som det fremgår af Figur 3.16 er der ikke en tydelig udvikling i indholdet af PAHer i muslinger for Nibe Bredning med undtagelse af PAH-bio. For både PAH-petro og PAH-pyro ses et svagt fald, hvilket primært skyldes et fald i de alkylerede PAHer. For alle tre grupper gælder dog, at der ikke observeres en signifikant udvikling ($\alpha > 0,1$), cf. Tabel 3.21. Den nogenlunde lineære sammenhæng mellem data (ln-transformerede) for de enkelte år kan muligvis tolkes som en 1. ordens kinetik for ændringer i biokoncentrationen.



Figur 3.16 Tidslig udvikling i gennemsnitlig koncentration (naturlig logaritme) af PAHer i muslinger i perioden 1999-2005 for Nibe Bredning.

Tabel 3.21 Trend og hældning estimeret ved MAKESENS for PAHer i muslinger fra Limfjorden, 1999-2005.

	PAH-petro	PAH-pyro	PAH-bio
Trend (S)	-4	-2	-2
- signifikans (α)	$\alpha > 0,1$	$\alpha > 0,1$	$\alpha > 0,1$
Hældning (Q)	-0,069	-0,059	-0,535

Vurdering af kilder

Fordelingen af de enkelte PAHer og en vurdering af de mulige kilder er foretaget ud fra beregnede PAH isomer forhold. De beregnede forhold viser (cf Tabel 3.22), at der også her primært er tale om pyrogene kilder, og ingen af tallene viser tydelig petrogen indflydelse. Af Figur 3.16 fremgår ligeledes at, PAH-pyro > PAH-petro.

Tabel 3.22 PAH isomer ratioer og PI for muslinger fra Limfjorden, 1999-2005.

	Flu/(Flu+Pyr)	BaA/(BaA+C)	BPyr/(BPyr+BPer)	PI
	Pet < 0,2; Pyr > 0,5	Pet < 0,2; Pyr > 0,35	Pet < 0,2; Pyr > 0,5	Pet < 0,1; Pyr > 0,5
Nibe Bredning	0,24 – 0,65	0,26 – 0,47	0,40 – 0,67	0,3 – 0,6

Økotoksikologi og eksponering

For muslinger fra Nibe Bredning gælder også, at indholdet af anthracen svagt har overskredet OSPARs laveste økotoksikologiske kriterier (Tabel 1.1.) i det meste af perioden. Hvad angår den samlede estimerede toksicitet beregnet som summen af BaPyr-TE indholdet er der ikke observeret værdier over 50 µg BaPyr-TE/kg ts; også her synes niveauet for toksiciteten af PAH indholdet at være faldende.

3.2.2 Ringkøbing Fjord

Ringkøbing Fjord er et forholdsvist afgrænset geografisk område, der med undtagelse af udløbet af Skjern Å og slusen til Vesterhavet i Hvide Sande kun har begrænset interaktion med øvrige vandområder. Der indgår en station fra den nordlige ende af fjorden ud for Lyngvig, og med undtagelse af 2001 er der indsamlet og analyseret prøver i perioden 1999-2005. Prøvetagningen er forestået af Ringkøbing Amt (Tabel 3.23) og har omfattet indsamling af sandmuslinger (*Mya arenaria*), hvilket adskiller sig fra de øvrige stationer.

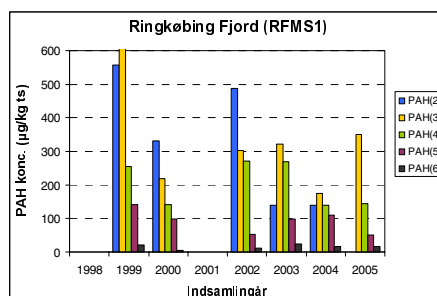
Tabel 3.23 Prøvetagningsstation i Ringkøbing Fjord, 1999-2005.

Station (nr.)	Position	Indsamlingsår	Muslingeart	Amt/Andet
Ringkøbing Fjord – nord (RFMS 1)	56°02,97' N - 008°10,39' E	1999-2000, 2002- 2005	Sandmusling	Ringkøbing

PAH niveauer i muslinger

Indholdet af PAHer i sandmuslinger fra Ringkøbing Fjord er som for tidligere beskrevne stationer domineret af indholdet af de 2-4 ringede PAHer. Interessant nok synes niveauerne at være let forhøjede (over 200 µg/kg ts) i forhold til en række andre stationer. Det er imidlertid vanskeligt ud fra det aktuelle datamateriale at afgøre, om dette skyldes en reel større belastning, eventuelt pga. ringere vandudskiftning og større tilløb fra bl.a. Skjern Å, eller om det skyldes en højere grad af akkumulering af PAHer i sandmuslinger end i blåmuslinger.

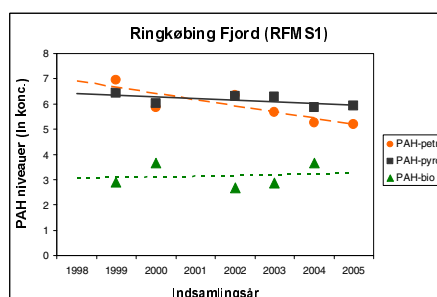
I Appendiks A, Tabel A1, ser man, at median værdien for det totale PAH indhold for hele perioden er 825 µg/kg ts.



Figur 3.17 PAH indholdet (opgjort efter antal ringe) i muslinger fra Ringkøbing Fjord (RFMS1) i perioden 1999 til 2005.

Udvikling over tid (time trend)

Den tidslige udvikling af PAH indholdet i sandmuslinger fra Ringkøbing Fjord fremgår af Figur 3.18. Der kan observeres et vist, men signifikant fald i indholdet af petrogene PAHer ($\alpha = 0,1$) og et meget svag og insignifikant fald i indholdet af pyrogene PAHer ($\alpha > 0,1$); perylen indholdet ses derimod at være signifikant svagt stigende ($\alpha = 0,01$). Tabel 3.24 giver tallene fra MAKESENS analysen.



Figur 3.18 Udviklingen i gennemsnitlig koncentration (naturlig logaritme) af PAHer i muslinger i perioden 1999-2005 for Ringkøbing Fjord.

Tabel 3.24 Trend og hældning estimeret ved MAKESENS for PAHer i muslinger fra Ringkøbing Fjord, 1999-2005.

	PAH-petro	PAH-pyro	PAH-bio
Trend (S)	-13	-9	0
- signifikans (α)	$\alpha = 0,1$	$\alpha > 0,1$	$\alpha = 0,01$
Hældning (Q)	-0,293	-0,039	+0,072

Vurdering af kilder

Af Tabel 3.25 fremgår, at de undersøgte isomer ratioer generelt antyder, at der er tale om indhold af pyrogene PAHer, og ingen af forholdene påviser et tydeligt petrogent bidrag.

Tabel 3.25 PAH isomer ratioer og PI for muslinger fra Ringkøbing Fjord, 1999-2005.

	Flu/(Flu+Pyr)	BaA/(BaA+C)	BPyr/(BPyr+BPer)	PI
	Pet < 0,2; Pyr > 0,5	Pet < 0,2; Pyr > 0,35	Pet < 0,2; Pyr > 0,5	Pet < 0,1; Pyr > 0,5
RFMS1	0,43 – 0,63	0,16 – 0,32	0,37 – 0,67	0,3 – 0,8

Økotoxikologi og eksponering

Igen er der her observeret et par svage overskridelser af de laveste økotoxikologiske kriterier for indholdet af anthracen i muslinger midt i perioden, mens indholdet er under laveste niveau i 2005. Den samlede estimerede PAH toksicitet (beregnet som summen af BaPyr-TE) er ikke observeret at overstige værdien på 50 µg BaPyr-TE/kg ts på noget tidspunkt, og tendensen for toksiciteten af PAH indholdet er faldende.

3.2.3 Odense Fjord

Odense Fjord er medtaget som et forholdsvis lukket farvand. Der er naturligvis en vis udskiftning med vand fra de omgivende marine områder, men det er alligevel vurderet, at vandskiftningen er relativ begrænset, og at belastningen derfor i et vist omfang vil være præget af tilførslen fra Odense Å og Odense by, ligesom også Lindø værftet kan forventes at have en vis indflydelse på belastningen i fjorden. Af de eksisterende stationer har kun stationen M2 ved øen Roholm omtrent midt i fjorden haft en så kontinuerlig prøveindsamling, at den har kunnet anvendes i denne undersøgelse. Data for stationen fremgår af Tabel 3.26.

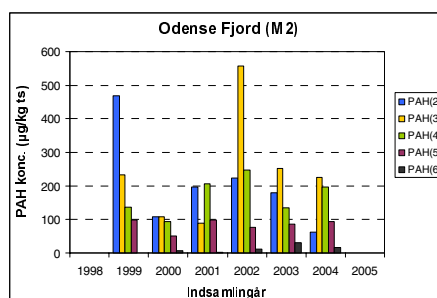
Tabel 3.26 Prøvetagningsstation i Odense Fjord, 1999-2005.

Station (nr.)	Position	Indsamlingsår	Muslingeart	Amt/Andet
Odense Fjord (M2)	55°29,1' N – 010°30,5' E	1999-2004	Blåmusling	Fyn

PAH niveauer i muslinger

De målte PAH niveauer i muslinger fra Odense Fjord i årene 1999 til 2005 fremgår af Figur 3.19. Igen ser man, at indholdet er domineret af PAHer med 2-4 ringe, og at niveauerne er af samme størrelse som set ved andre stationer, dvs. omkring 200 µg/kg ts. Kun i 1999 og 2002 ser man let forhøjede værdier. Vurderet ud fra tallene synes der ikke at være tegn på specielle bidrag fra hverken Odense by og å eller Lindø værftet.

Det totale PAH indhold har for hele perioden en median værdi på 683 µg/kg ts (Appendiks A, Tabel A1).



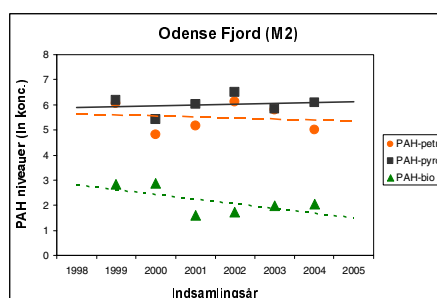
Figur 3.19 PAH indholdet (opgjort efter antal ringe) i muslinger fra Odense Fjord (M2) i perioden 1999 til 2005.

Udvikling over tid (time trend)

Den tidslige udvikling af PAH indholdet ses i Figur 3.20, men viser ingen signifikante tendenser ($\alpha > 0,1$) for hverken PAH-petro (svagt faldende) eller PAH-pyro (svagt stigende). Perylen udviser en lidt tydeligere faldende tendens, men heller ikke her er der tale om en signifikant udvikling ($\alpha > 0,1$). Tabel 3.27 viser resultatet af MAKESENS analysen.

Tabel 3.27 Trend og hældning estimeret ved MAKESENS for PAHer i muslinger fra Odense Fjord, 1999-2005.

	PAH-petro	PAH-pyro	PAH-bio
Trend (S)	-1	+1	-1
- signifikans (α)	$\alpha > 0,1$	$\alpha > 0,1$	$\alpha > 0,1$
Hældning (Q)	-0,051	+0,021	-0,159



Figur 3.20 Udviklingen i gennemsnitlig koncentration (naturlig logaritme) af PAHer i muslinger i perioden 1999-2004 for Odense Fjord.

Vurdering af kilder

Tabel 3.28 her under viser, at de beregnede isomer forhold generelt peger på bidrag fra pyrogene kilder. Kun BaA/(BaA+C) forholdet indikerer svage bidrag fra mere petrogene kilder. Figur 3.20 viser ligeledes, at PAH-pyro generelt er større end PAH-petro.

Tabel 3.28 PAH isomer ratioer og PI for muslinger fra Odense Fjord, 1999-2005.

	Flu/(Flu+Pyr)	BaA/(BaA+C)	BPyr/(BPyr+BPer)	PI
	Pet < 0,2; Pyr > 0,5	Pet < 0,2; Pyr > 0,35	Pet < 0,2; Pyr > 0,5	Pet < 0,1; Pyr > 0,5
Roholm/M2	0,55 – 0,77	0,17 – 0,39	0,47 – 0,84	0,4 – 0,9

Økotoksikologi og eksponering

De laveste økotoksikologiske kriterier for PAH indhold i muslinger (OSPAR, 1997) er ikke overskredet for Odense Fjord. For den samlede toksicitet af PAH indholdet (sum af BaPyr-TE) er der i 2004 observeret en værdi på 53 µg BaPyr/kg ts, hvilket er en svag overskridelse af grænseværdien. Alle øvrige værdier ligger under 50 µg BaPyr/kg ts.

3.2.4 Roskilde Fjord

Roskilde Fjord er det sidste af de "lukkede" områder, som er medtaget i denne undersøgelse med to stationer. Den ene station er inde i bunden af fjorden (Roskilde Bredning) med forventede påvirkninger fra Roskilde by (Bjergmarkens rensningsanlæg) og tilstødende vandløb, hvortil kommer en formodet begrænset vandudveksling med den nordlige del af fjorden. Den anden station (Ølsted Grund) er i den nordlige ende af fjorden mellem Frederikssund og Frederiksværk, hvor specielt Stålvalseværket måske kan påvirke niveauerne, men hvor der til gengæld kan være mere udveksling med vand fra Kattegat. Tabel 3.29 viser data for de to stationer.

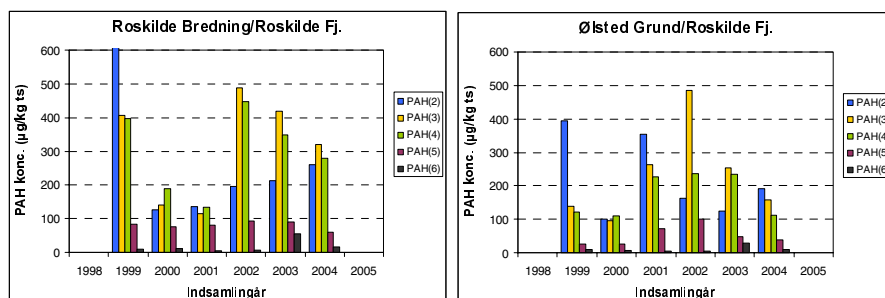
Tabel 3.29 Prøvetagningsstationer i Roskilde Fjord, 1999-2005.

Station (nr.)	Position	Indsamlingsår	Muslingeart	Amt
Roskilde Bredning (St 60)	55°42,78' N – 012°04,00' E	1999-2004	Blåmusling	Roskilde
Ølsted Grund (St 65)	55°55,50' N – 012°01,40' E	1999-2004	Blåmusling	Frederiksborg

PAH niveauer i muslinger

PAH niveauerne i muslinger fra Roskilde Fjord i årene 1999 til 2004 er vist i Figur 3.21. Som ved alle tidligere stationer observeres der overvægt af PAHer med 2-4 ringe. Niveauer for Roskilde Bredning ses generelt at være højere end for Ølsted Grund nærmere fjordens udløb, ligesom de er højere end hvad der generelt er observeret ved de fleste andre undersøgte stationer, dvs. højere end ca. 200 µg/kg ts.

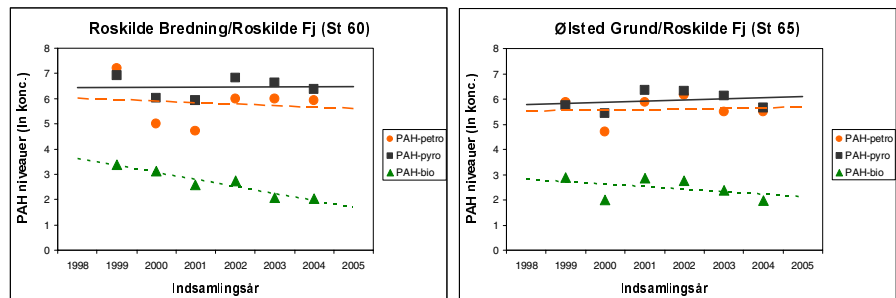
Af Tabel A1, Appendiks A, fremgår også, at median værdien for det totale PAH indhold over hele perioden er højest ved Roskilde Bredning med 1080 µg/kg ts, mens det er 701 µg/kg ts ved Ølsted grund. Dette synes at bekræfte den formodede påvirkning fra Roskilde by og lavere vandudskiftning i bunden af fjorden.



Figur 3.21 PAH indholdet (opgjort efter antal ringe) i muslinger fra Roskilde Fjord i perioden 1999 til 2004.

Udvikling over tid (time trend)

Tendensen for indholdet af PAHer i muslinger fra Roskilde Fjord i perioden synes at være svagt faldende eller nærmest konstant for både PAH-petro og PAH-pyro (cf. Figur 3.22), og der er ikke observeret en signifikant udvikling ($\alpha > 0,1$). Perylen niveauerne falder ved begge stationer (Figur 3.22). det fremgår af Tabel 3.30, at ved Roskilde Bredning er denne udvikling signifikant ($\alpha = 0,05$), mens den ikke er det ved Ølsted Grund ($\alpha > 0,1$). Igen er der ingen umiddelbar forklaring på det tydelige fald i indholdet af perylen.



Figur 3.22 Udviklingen i gennemsnitlig koncentration (naturlig logaritme) af PAHer i muslinger i perioden 1999-2004 for Roskilde Fjord.

Tabel 3.30 Trend og hældning estimeret ved MAKESENS for PAHer i muslinger fra Roskilde Fjord, 1999-2004.

	Roskilde Bredning (Roskilde Fj.)			Ølsted Grund (Roskilde Fj.)		
	PAH-petro	PAH-pyro	PAH-bio	PAH-petro	PAH-pyro	PAH-bio
Trend (S)	-1	-3	-13	+1	-1	-9
- signifikans (α)	$\alpha > 0,1$	$\alpha > 0,1$	$\alpha = 0,05$	$\alpha > 0,1$	$\alpha > 0,1$	$\alpha > 0,1$
Hældning (Q)	-0,018	-0,067	-0,272	+0,004	-0,18	-0,127

Vurdering af kilder

Kilderne til PAH belastningen i Roskilde synes som ved de øvrige undersøgte stationer at være overvejende pyrogene (Tabel 3.31). Ved Roskilde Bredning viser BaA/(BaA+C) forholdet igen, at der kan være et vist bidrag fra petrogene kilder, men da dette ikke viser sig i de øvrige forhold, skal denne parameter tages med et vist forbehold; andre forhold kan også spille ind, da stabiliteten af BaA er anderledes end for C. Af Figur 3.22 ses ligeledes, at PAH-pyro generelt er større end PAH-petro.

Yderligere oplysninger om vandmiljøet i Roskilde Fjord kan bl.a. findes i en rapport fra Roskilde og Frederiksborg amter (Hedal & Hansen, 2005).

Tabel 3.31 PAH isomer ratioer og PI for muslinger fra Roskilde Fjord, 1999-2004.

	Flu/(Flu+Pyr)	BaA/(BaA+C)	BPyr/(BPyr+BPer)	PI
	Pet < 0,2; Pyr > 0,5	Pet < 0,2; Pyr > 0,35	Pet < 0,2; Pyr > 0,5	Pet < 0,1; Pyr > 0,5
Roskilde Bredn.	0,50 – 0,67	0,09 – 0,46	0,54 – 0,91	0,4 – 1,1
Ølsted Grund	0,52 – 0,70	0,18 – 0,51	0,54 – 0,77	0,3 – 0,8

Økotoxikologi og eksponering

For Roskilde Fjord er der en række mindre overskridelser af de økotoxikologiske kriterier for indholdet af anthracen i muslinger, men kun i første del af perioden. Samtidig overskrider toksiciteten af det totale PAH indhold (sum af BaPyr-TE) grænseværdien på 50 µg BaPyr-TE/kg ts i to tilfælde med 55 og 68 µg BaPyr-TE/kg ts for muslinger fra Roskilde Bredning i hhv. 2002 og 2003; ved Ølsted grund er der ingen overskridelser observeret. Set over hele perioden synes der synes ikke at være en entydig tendens i toksiciteten fra PAH indholdet i muslinger fra nogen af de to stationer.

4 Konklusion

Undersøgelsen af kompilerede NOVA/NOVANA PAH data for muslinger fra 22 stationer i de indre danske farvande i perioden 1998 til 2005 har vist, at niveauerne generelt ligger ret jævnt med niveauer i intervallet 500-900 µg/kg ts, og at der ikke er observeret større forskelle mellem muslinger fra stationer ved kystnære åbne områder og fra stationer i mere lukkede farvande som fjorde. Indholdet er i alle tilfælde domineret af de lavere PAHer med 2 til 4 ringe inklusiv deres alkylerede isomerer. Enkelte stationer adskiller sig med niveauer noget over gennemsnittet (> 1000 µg/kg ts), bl.a. Hansodde ved Fanø, Egholm Flak i Storebælt, Søvang/Amager i Øresund og Roskilde Bredning i Roskilde Fjord.

Undersøgelser af de tidlige udviklinger over hele perioden afslører, at der stort set ved alle stationer er tale om svagt faldende tendenser for PAHer af såvel overvejende petrogen som overvejende pyrogen karakter. Kun i enkelte tilfælde er der observeret en svagt stigende tendens, som fx ved Udbyhøj, Randers Fjord, hvor både PAH-petro og PAH-pyro er svagt stigende; det samme gør sig gældende ved Tårnbæk Rev, Øresund. Ved andre stationer er der kun svage stigninger for den ene komponent, fx Egholm Flak, Storebælt (PAH-petro), Odense Fjord og Søvang/Amager – begge PAH-pyro. Ved stort set alle stationer observeres en faldende tendens for perylen (PAH-bio). Der er imidlertid ingen umiddelbar forklaring på dette generelt tydelige fald i indholdet af perylen. For næsten alle observerede tendenser gælder imidlertid at de ikke er signifikante ($\alpha > 0,1$), hvilket betyder, at tendensen må tages med forbehold. Kun et bedre datamateriale (monitering over en længere tidshorisont) kan fastslå, om der tale om de observerede tendenser er signifikante eller ej.

Vurderingen af de mulige kilder til den observerede PAH belastning af det marine miljø har taget udgangspunkt i at skelne mellem PAHer af petrogen eller pyrogen oprindelse gennem bestemmelsen af en række isomer forhold. Det billede der har tegnet sig, peger generelt i retning af overvejende pyrogene kilder. Denne tendens støttes af, at for de ovenfor omtalte grupperinger i "petrogene" og "pyrogene" PAHer gælder igen generelt, at PAH-pyro > PAH-petro.

Med hensyn til eksponeringen af det marine miljø med PAH er der foretaget en vurdering ud fra OSPARs økotoxikologiske kriterier (ecotoxicological assessment criteria), og det viser, at der for en række stationer har været svage overskridelser af de laveste kriterier for anthracen. Hvad angår risikoen for human eksponering gennem indtagelse af muslinger fra de forurenede områder er der foretaget en estimering af den samlede belastning udtrykt som summen af benzo(a)pyren toksicitets ækvivalenter. Disse estimater viser, at der for muslinger fra nogle af de undersøgte stationer har været enkelte overskridelser af en omtrentlig grænseværdi på 50 µg BaPyr/kg ts med en faktor 2 til 3, men at der generelt er observeret en faldende tendens. I 2004/2005 er toksiciteten af PAH indholdet i muslinger under grænseværdien for alle stationer uanset om opgørelsen baseres på indholdet af benzo(a)pyren (BaPyr) alene eller på det samlede indhold af benzo(a)pyren toksicitetsækvivalenter (BaPyr-TE).

5 Referencer

Binderup, M.-L., Duedahl-Olesen, L., Einarsson, S., Fabech, B., Haldorsen, A.-K.L., Johnsson, H., Knutsen, H.K., Müller, A.K., Vuorinen, P.J. & Wiborg, M.L. 2004: The effect of oil spills on seafood safety. An example of the application of the Nordic risk analysis model – TemaNord, 553 p.

Boehm, P.D., Page, D.S., Brown, J.S., Neff, J.F. & Burns, W.A. 2004: Polycyclic aromatic hydrocarbon levels in mussels from Prince William Sound, Alaska/USA, document the return to baseline conditions - Environmental Toxicology and Chemistry 23(12): 2916-2929.

Bolger, M., Henry, S.H. & Carrington, C.D. 1996: Hazard and risk assessment of crude oil contaminants in subsistence seafood samples from Prince Williams Sound – American Fisheries Symposium 18: 837-843.

California Environmental Protection Agency 1997: Public health goals for benzo(a)pyrene in drinking water. Sacramento: Pesticide and Environmental Toxicology Section, Office of Environmental Health Hazard Assessment.

Chase, M.E., Jones, S.H., Hennigar, P., Sowles, J., Harding, G.C.H., Freeman, K., Wells, P.G., Krahforst, C., Coombs, K., Crawford, R., Pederson, J. & Taylor, D. 2001: Gulfwatch: monitoring spatial and temporal patterns of trace metal and organic contaminants in the Gulf of Maine (1991-1997) with blue mussel, *Mytilus edulis* L - Marine Pollution Bulletin 42: 491-505.

The European Commission Scientific Committee on Food 2002: Opinion of the Scientific Committee on Food on the risk to human health of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in food – SCF/CNTM/PAH/29 Final. http://europa.eu.int/comm/food/fs/sc/scf/out153_en.pdf.

Europæiske Union (EU) 2005: Kommissionens Forordning (EF) Nr. 208/2005 af 4. februar 2005 om ændring af forordning (EF) nr. 466/2001 for så vidt angår polycykliske aromatiske kulbrinter – Den Europæiske Unions Tidende L 34/3.

Gilbert, R.O. 1987: Statistical methods for environmental pollution monitoring. Van Nostrand Reinhold, New York.

Groos, J., Laursen, M., Deding, J., Jensen, B., Larsen, F., Platz, E.-M., Andersen, F., Bendtsen, S.Å. & Pécseli, M. 2005: Vandmiljø i Limfjorden 2004 – Limfjordsovervågningen, Viborg. <http://www.limfjord.dk/rappporter/vandmiljo2004/Hovedrapport.pdf>

Hansen, J.L.S., Pedersen, B., Carstensen, J., Conley, D., Christiansen, T., Dahl, K., Henriksen, P., Josefson, A., Larsen, M.M., Lisbjerg, D., Lundsgaard, C., Markager, S., Rasmussen, B., Strand, J., Ærtebjerg, G., Krause-Jensen, D., Laursen, J.S., Ellermann, T., Hertel, O., Skjøth, C.A., Ovesen, N.B., Svendsen L.M. & Pritzl, G. 2000: Marine områder – Status over miljøtilstanden i 1999. NOVA 2003 - Faglig rapport fra DMU nr. 333, 230 s. §

Hedal, S. & Hansen, L.R. 2005: Overvågning af Roskilde Fjord 2004 – Roskilde Amt, Teknisk Forvaltning og Frederiksborg Amt, Teknik og Miljø, Vandmiljøovervågning nr. 117.

http://www.fa.dk/teknil/miljo/Foldere/Roskilde_Fjord_2004.pdf

Henriksen, P., Andersen, J., Carstensen, J., Christiansen, T., Conley, D., Dahl, K., Dahllöf, I., Hansen, J.L.S., Josefson, A., Larsen, M.M., Lunds-gaard, C., Markager, S., Nielsen, T.G., Pedersen, B., Rasmussen, B., Strand, J., Ærtebjerg, G., Fossing, H., Krause-Jensen, D., Middelboe, A.-L., Risgaard-Petersen, N., Ellermann, T., Hertel, O., Skjøth, C.A., Ovesen, N.B., Glacius, M., Pritzl, G. & Gustafsson, B.G. 2001: Marine områder 2000 – Miljøtilstand og udvikling. NOVA 2003 - Faglig rapport fra DMU nr. 375, 110 s.[§]

Jones, S.H., Chase, M., Sowles, J., Hennigar, P., Landry, N., Wells, P.G., Harding, G.C.H., Krahforst, C. & Brun, G.L. 2001: Monitoring for toxic contaminants in *Mytilus edulis* from New Hampshire and the Gulf of Maine - Journal of Shellfish Research 20: 1203-1214.

Karlson, U. (red.) 2006: Tjærestoffer - Miljøbiblioteket 8, 82 s.

Markager, S., Nielsen, T.G., Carstensen, J., Conley, D., Dahl, K., Hansen, J., Henriksen, P., Josefson, A., Larsen, M.M., Pedersen, B., Rasmussen, B., Strand, J., Ærtebjerg, G., Fossing, H., Laursen, J.S., Hertel, O., Skov, H., Svendsen, L.M., Cleemann, M. & Pritzl, G. 1999: Marine områder – Status over miljøtilstanden i 1998. NOVA 2003 - Faglig rapport fra DMU nr. 290, 161 s.[§]

Møller, A.L. (red.) 2005: Vestlige Kattegat og tilstødende fjorde 2004. Tilstand og udvikling – Rapport fra Århus Amt, Natur og Miljø og Nordjyllands Amt, Natur og Miljø.

http://www.nm.aaa.dk/publikat/pdf/VestligeKattegat2_2005.pdf

Nisbet, I.C.T. & LaGoy, P.K. 1992: Toxic Equivalence Factors (TEFs) for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) – Regulatory Toxicology and Pharmacology 16: 290-300.

Oros, D.R. & Ross, J.R.M. 2005: Polycyclic aromatic hydrocarbons in bivalves from the San Francisco estuary: Spatial distributions, temporal trends, and sources (1993-2001) - Marine Environmental Research 60: 466-488.

OSPAR 1997: Agreed ecotoxicological assessment criteria for trace metals, PCBs, PAHs, TBT and some organochlorine pesticides – Summary record OSPAR 97/15/1, Annex 6.

Payne, J.R., Driskell, W.B. & Short, J.W. 2003: Prince William Sound RCAC: Long-term environmental monitoring program.

<http://www.pwsrca.org/docs/d0003002.pdf>

Pécseli, M., Pritzl, G., Andersen, O., Banta, G., Hansen, A.B., Christensen, J., Hviid, T., Malmborg, L., Johansen, K. & Sørensen, J.L. 2002: The Baltic Carrier oil spill: Monitoring and assessment of environmental effects in Grønsund - Report from Storstrøm County, 158 s.

Pedersen, B., Larsen, M.M. & Dahllöf, I. 2004: Teknisk anvisning for marin overvågning. 4.4. Miljøfarlige stoffer i muslinger. NOVANA. I Andersen, J., Markager, S. & Ærtebjerg, G. (red.) 2004: Teknisk anvisning for marin overvågning.

<http://www.dmu.dk/Overv%C3%A5gning/Fagdatacentre/Det+Marin+e+Fagdatacenter/Tekniske+anvisninger+NOVANA+2004-2009/>.

Rasmussen, M.B., Andersen, J., Ærtebjerg, G., Carstensen, J., Krause-Jensen, D., Greve, T.M., Petersen, J.K., Hansen, J., Josefson, A., Christiansen, T., Ovesen, N.B., Skjøth, C.A., Ellermann, T., Henriksen, P., Markager, S., Hansen, O.S., Dahl, K., Fossing, H., Risgaard-Petersen, N., Larsen, M.M., Pedersen, B., Dahllöf, I., Strand, J., Christensen, P.B., Conley, D., Axe, P., Druon, J.-N. & Hansen, J.W. 2003: Marine områder 2002 – Miljøtilstand og udvikling. NOVA 2003 - Faglig rapport fra DMU nr. 467, 106 s.[§]

Salmi, T., Määttä, A., Anttila, P., Ruoho-Airola, T. & Amnell, T. 2002: Detecting trends of annual values of atmospheric pollutants by the Mann-Kendall test and Sen's slope estimates – The Excel template application of MAKESENS. Finnish Meteorological Institute, Helsinki - Publications on air quality 31, 35 p.

Sømod, B. (red) 2005: Århus Bugt. Tilstand og udvikling 2004 - Rapport fra Århus Amt, Natur og Miljø.

<http://www.nm.aaa.dk/publikat/pdf/AarhusBugt04-revapril06.pdf>

Tronczynski, J., Munsch, C., Héas-Moisan, K., Guiot, N., Truquet, I., Olivier, N., Men, S. & Furaut, A. 2004: Contamination of the Bay of Biscay by polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) following the T/V "Erika" oil spill - Aquatic Living Resources 17(3): 243-259.

US Department of Ecology 2006: Rulemaking issues related to application of the toxicity equivalency factor (TEF) methodology for mixtures of polychlorinated dibenzo-p-dioxins/polychlorinated dibenzofurans (dioxins/furans), polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and polychlorinated biphenyls (PCBs) – Background document for MTCA rule amendments (draft).

[http://www.ecy.wa.gov/programs/tcp/regs/amendment_2006/responsiveness_sum/Background%20Document%20for%20MTCA%20Rule%20Amendments%20\(July%202006\).pdf](http://www.ecy.wa.gov/programs/tcp/regs/amendment_2006/responsiveness_sum/Background%20Document%20for%20MTCA%20Rule%20Amendments%20(July%202006).pdf)

Yender, R., Michel, J. & Lord, C. 2002: Managing seafood safety after an oil spill – Seattle: Hazardous Materials Response Division, Office of Response and Restoration, National Oceanic and Atmospheric Administration, 72 p.

Ærtebjerg, G., Andersen, J., Carstensen, J., Christiansen, T., Dahl, K., Dahllöf, I., Fossing, H., Greve, T.M., Hansen, J.L.S., Henriksen, P., Josefson, A., Krause-Jensen, D., Larsen, M.M., Markager, S., Nielsen, T.G., Pedersen, B., Petersen, J.K., Risgaard-Petersen, N., Rysgaard, S., Strand, J., Ovesen, N.B., Ellermann, T., Hertel, O. & Skjøth, C.A. 2002: Marine områder 2001 – Miljøtilstand og udvikling. NOVA 2003 - Faglig rapport fra DMU nr. 419, 94 s.[§]

Ærtebjerg, G., Andersen, J.H., Bendtsen, J., Carstensen, J., Christiansen, T., Dahl, K., Dahllöf, I., Ellermann, T., Fossing, H., Greve, T.M., Gustafsson, K., Hansen, J.L.S., Henriksen, P., Josefson, A.B., Krause-Jensen, D., Larsen, M.M., Markager, S., Nielsen, T.G., Ovesen, N.B., Petersen, J.K., Riemann, B., Risgaard-Petersen, N., Skjøth, C.A., Stedmon C. & Strand, J. 2004: Marine områder 2003 – Miljøtilstand og ud-vikling. NOVA 2003 - Faglig rapport fra DMU nr. 513, 97 s.[§]

Ærtebjerg, G., Bendtsen, J., Carstensen, J., Christiansen, T., Dahl, K., Dahllöf, I., Ellermann, T., Gustafsson, K., Hansen, J.L.S., Henriksen, P., Josefson, A.B., Krause-Jensen, D., Larsen, M.M., Markager, S., Ovesen, N.B., Skjøth, C.A., Strand, J., Söderkvist, J., Mouritsen, L.T., Richardson, K., Bråten, S. & Hoffmann, E. 2005: Marine områder 2004 – Miljøtilstand og udvikling i miljø- og naturkvaliteten. NOVANA - Faglig rapport fra DMU nr. 551, 94 s.[§]

Øresund 2004 – Teknisk rapport fra Københavns Amt, Teknisk Forvaltning, Frederiksborg Amt, Teknik & Miljø, Roskilde Amt og Københavns Kommune.

http://www.fa.dk/teknil/miljo/Foldere/Oeresund_2004.pdf

[§] Faglige DMU rapporter findes på: <http://www.dmu.dk/Udgivelser/Faglige+rapporter/>

6 Taksigelser

Forfatteren retter en stor tak til kolleger og laboranter på DMU for at have udført arbejdet med at dissekere, homogenisere, ekstrahere, analysere, bearbejde og afrapportere data. Især takkes Martin M. Larsen, MAR, Pia Lassen, Ellen Christiansen og Charlotte D. Schøidt, MIMI. Uden deres store indsats havde nærværende undersøgelse ikke været mulig. Desuden rettes en tak til Mona-Lise Binderup, Fødevareinstitut, DTU, for nyttige kommentarer og diskussioner vedrørende de toksikologiske aspekter omkring PAHer i muslinger. Endelig takkes de miljømedarbejdere i Amter og Kommuner som med stor omhu har indsamlet og fremsendt muslinger til analyse hos DMU.

Appendiks A

NOVA/NOVANA stationsoversigt for muslinger

Tabel A1

Table A1. Prøvestationer for indsamling af muslinger under NOVA/NOVANA 1998-2005 og målt total indhold af PAHer ($\mu\text{g}/\text{kg}$ is).

Amt/Prøvetager	Område	Station (navn/nr.)	Position	Prøvetagning (år)	Muslingeart	Interval	Median	Geo. middelværdi
DMU	Storebælt	Agersø Sund (M39)	55°14,70' N - 011°11,70' E	1999-2005	Blåmusling	725 - 1299	1028	1005
		Nivå Bugt (M31)	55°54,80' N - 012°32,10' E	1999, 2001-2005	Blåmusling	557 - 1667	795	907
Frederiksborg Amt	Roskilde Fjord	Ølsted Grund (St 65)	55°55,50' N - 012°01,40' E	1999-2004	Blåmusling	343 - 1048	701	669
Fyns Amt	Odense Fjord	Odense Fjord (M2)	55°29,07' N - 010°30,45' E	1999-2004	Blåmusling	366 - 1119	683	688
København Kommune	Øresund	Tårnbæk Rev (T1)	55°48,17' N - 012°35,65' E	1999-2000, 2002-2004	Blåmusling	636 - 1473	715	810
		Lynetten	55°43,59' N - 012°37,86' E	1999-2004	Blåmusling	642 - 1453	822	904
		Søvang/Amager (A1)	55°34,31' N - 012°42,73' E	1999-2003	Blåmusling	770 - 1694	1259	1153
Nordjyllands Amt	Limfjorden	Nibe Bredning (MSS3)	57°00,57' N - 009°38,5' E	1999-2000, 2004-2005	Blåmusling	422 - 1027	758	681
Ribe Amt	Vadehavet	Sjælborg (261022)	55°31,98' N - 008°20,29' E	1998-2003, 2005	Blåmusling	311 - 1291	647	646
		Halen (261010)	55°26,50' N - 008°26,74' E	1998-2005	Blåmusling	405 - 1494	770	773
		Hansodde (261011)	55°24,39' N - 008°28,13' E	2002-2004	Blåmusling	661 - 1062	1032	898
		Albue Bugt (261011)	55°23,86' N - 008°27,62' E	1998-2001	Blåmusling	685 - 3843	837	1163
		Ringkøbing Fjord	Ringkøbing Fjord N (RFMS1)	56°02,97' N - 008°10,39' E	1999-2000, 2002-2005	Sandmusling	562 - 1693	825
Roskilde Amt	Roskilde Fjord	Roskilde Bredning (St 60)	55°42,78' N - 012°04,00' E	1999-2004	Blåmusling	500 - 2373	1080	1008
Sønderjyllands Amt	Vadehavet	Juvre Dyb (JDMTM1)	55°10,90' N - 008°36,00' E	1999-2005	Blåmusling	198 - 1354	526	588
		Lister Dyb (LDMTM1)	55°05,66' N - 008°33,97' E	1999-2005	Blåmusling	262 - 1864	543	590
		Als Østkyst (LBMTM2)	55°00,63' N - 009°58,14' E	1999-2005	Blåmusling	290 - 1732	491	535
		Flensborg Fjord (FFMTM1)	54°50,11' N - 009°26,44' E	2000-2005	Blåmusling	311 - 951	660	576
Århus Amt	Randers Fjord	Kare Holm (230987)	56°32,81' N - 010°14,00' E	1999-2005	Blåmusling	751 - 1581	971	1050
		Udbyhøj (230906/230988)	56°36,59' N - 010°18,17' E	1999-2005	Blåmusling	593 - 1241	818	827
		Skødshoved (170167)	56°11,55' N - 010°21,20' E	1999-2005	Blåmusling	349 - 881	581	564
		Ydermolen (170165)	56°08,31' N - 010°13,66' E	1999-2005	Blåmusling	534 - 980	640	675
		Mejl Flak (170166)	56°02,81' N - 010°26,54' E	1999-2003	Blåmusling	504 - 817	706	695

Appendiks B

PAH data for muslinger fra udvalgte NOVA/NOVANA stationer

Tabel B1 til B22

Tabel B1. PAH indhold¹ i muslinger fra station 2161022, Sjølborg (Ho Bugt), 1998-2005.

Lokalitet Station År	Sjølborg (Ho Bugt) 2161022							
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Specie Konc.	blåmusling (µg/kg ts)	blåmusling (µg/kg ts)	blåmusling (µg/kg ts)	blåmusling (µg/kg ts)	blåmusling (µg/kg ts)	blåmusling (µg/kg ts)	blåmusling (µg/kg ts)	blåmusling (µg/kg ts)
Naphthalen	17,8	24,8	32,3	32,5	61,7	25,4		N/A
C1-Naphthalener	44,1	74,0	41,1	43,2	122,3	19,5		N/A
C2-Naphthalener	69,0	117,7	37,9	47,0	150,5	41,2		N/A
C3-Naphthalener	79,9	83,2	43,0	30,0	176,8	55,2		N/A
Acenaphthylen	11,0	35,8	35,8	2,9	0,3	3,0		0,8
Acenaphthen	1,5	1,4	1,1	0,9	0,6	8,8		N/A
Fluoren	14,1	18,1	17,4	6,8	27,4	20,8		30,1
Dibenzothiophen	8,8	6,3	4,1	2,7	11,0	6,3		3,9
C1-Dibenzothiophener	45,1	N/A	40,6	68,8	38,0	24,4		19,1
Phenanthren	98,5	75,0	82,2	50,9	119,3	78,6		51,1
C1-Phenathrener	N/A	N/A	22,8	N/A	104,8	84,3		46,8
C2-Phenathrener	N/A	N/A	N/A	N/A	204,9	119,1		51,7
C3-Phenathrener	N/A	N/A	4,1	11,3	13,6	9,7		6,2
Anthracen	6,9	2,6	6,5	4,5	0,3	3,4		0,2
Benzo(a)fluoren	3,7	N/A	7,6	13,9	11,3	2,9		5,7
Fluoranthren	65,9	49,7	73,2	67,6	85,4	71,2		28,8
Pyren	38,6	35,2	46,8	30,6	54,4	48,0		18,1
Benzo(a)anthracen	28,4	7,4	9,7	3,1	8,9	11,1		4,8
Chrysen/Triphenylen	25,1	14,5	36,1	10,2	24,3	23,4		11,1
Benzo(bjk)fluoranthener	71,2	37,9	26,6	32,5	22,6	20,3		12,0
Benzo(e)pyren	0,6	6,4	13,0	12,9	15,0	14,1		5,0
Benzo(a)pyren	2,0	8,7	17,2	26,8	2,9	9,7		2,7
Perylen	65,2	29,6	36,8	27,2	22,7	22,7		5,8
Indeno(123cd)pyren	8,0	5,5	4,8	8,0	6,0	6,1		2,0
Benzo(ghi)perylen	6,0	1,2	3,4	2,1	4,0	7,9		3,0
Dibenzo(ah)anthracen	2,4	2,4	3,5	2,1	2,3	3,7		2,0
<i>Sum PAH</i>	<i>714</i>	<i>638</i>	<i>647</i>	<i>538</i>	<i>1291</i>	<i>741</i>		<i>311</i>

¹Samtlige data for de enkelte år er geometriske middelværdier af op til tre individuelle prøver. N/A: data ikke tilgængelige.

Tabel B2. PAH indhold¹ i muslinger fra station 2161010, Halen (Fanø), 1998-2005.

Lokalitet Station	Halen (Fanø)							
	2161010							
År	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Specie	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling
Konc.	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)
Naphthalen	25,2	51,7	33,7	42,1	28,1	23,7	58,1	23,7
C1-Naphthalener	50,8	117,5	63,3	68,7	19,1	21,5	46,1	20,4
C2-Naphthalener	88,1	140,7	63,6	71,7	26,3	42,1	71,5	52,8
C3-Naphthalener	112,3	168,8	57,4	81,8	19,8	54,4	76,4	32,6
Acenaphthylen	25,6	19,3	26,1	2,5	1,5	3,6	1,7	1,7
Acenaphthen	3,7	2,1	1,5	1,1	3,6	9,3	5,4	N/A
Fluoren	32,3	12,8	17,1	8,5	10,1	25,3	23,2	49,0
Dibenzothiophen	13,1	6,0	4,2	4,1	2,7	6,5	9,3	4,9
C1-Dibenzothiophener	111,0	N/A	48,8	51,5	19,2	27,5	42,9	21,9
Phenanthren	161,6	89,6	81,2	65,1	46,8	68,0	102,3	49,9
C1-Phenathrener	N/A	N/A	14,1	N/A	45,0	73,5	153,2	47,3
C2-Phenathrener	N/A	N/A	N/A	N/A	53,9	104,3	446,5	63,5
C3-Phenathrener	N/A	N/A	1,5	45,1	N/A	7,9	83,7	4,9
Anthracen	9,0	3,7	5,6	5,8	1,4	4,7	3,7	3,7
Benzo(a)fluoren	0,3	N/A	21,6	12,7	3,7	2,7	21,0	51,3
Fluoranthren	136,1	73,3	90,4	78,7	43,1	81,1	83,0	10,1
Pyren	82,8	40,0	54,4	42,3	29,4	52,6	67,1	51,0
Benzo(a)anthracen	0,6	15,1	10,2	4,3	5,7	12,8	22,0	10,0
Chrysen/Triphenylen	0,3	15,4	39,1	13,7	12,1	26,6	41,3	18,8
Benzo(bjk)fluoranthener	79,3	27,2	23,0	55,2	11,7	28,9	44,1	22,4
Benzo(e)pyren	13,9	2,1	12,3	16,5	6,8	14,0	23,7	10,9
Benzo(a)pyren	6,4	5,1	15,4	58,1	5,1	15,4	12,9	5,7
Perylen	55,5	38,8	27,4	32,3	3,1	26,1	28,0	N/A
Indeno(123cd)pyren	11,1	N/A	4,1	12,3	2,6	9,3	11,7	3,0
Benzo(ghi)perylen	18,5	N/A	2,6	3,0	1,3	11,3	12,2	5,7
Dibenzo(ah)anthracen	4,1	4,1	2,9	2,5	2,6	7,5	3,4	3,0
<i>Sum PAH</i>	<i>1042</i>	<i>833</i>	<i>722</i>	<i>779</i>	<i>405</i>	<i>761</i>	<i>1494</i>	<i>568</i>

¹Samtlige data for de enkelte år er geometriske middelværdier af op til individuelle prøver. N/A: data ikke tilgængelige.

Tabel B3. PAH indhold¹ i muslinger fra station 2161057, Albue Bugt (Fanø) og 2161011, Hansodde (Fanø), 1998-2005.

Lokalitet Station	Albue Bugt (Fanø)					Hansodde (Fanø)		
	2161057					2161011		
År	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Specie	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling
Konc.	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)
Naphthalen	300,0	31,4	27,5	50,7	89,6	22,3	68,1	
C1-Naphthalener	269,5	91,2	25,7	61,5	152,9	19,7	45,2	
C2-Naphthalener	273,1	143,3	42,7	71,6	131,9	43,9	50,3	
C3-Naphthalener	217,1	210,7	18,6	45,5	73,0	55,0	49,5	
Acenaphthylen	38,6	24,6	40,6	2,8	0,3	2,5	0,3	
Acenaphthen	28,6	3,8	1,4	1,2	0,3	9,3	3,4	
Fluoren	72,9	23,9	20,4	12,0	29,9	21,2	19,0	
Dibenzothiophen	18,9	9,7	4,1	4,0	7,4	6,4	8,7	
C1-Dibenzothiophener	331,2	N/A	35,6	75,3	30,4	20,2	34,5	
Phenanthren	350,8	95,6	84,2	73,8	88,3	77,5	91,9	
C1-Phenathrener	N/A	N/A	11,0	N/A	54,6	54,3	93,4	
C2-Phenathrener	N/A	N/A	N/A	N/A	87,5	52,7	187,6	
C3-Phenathrener	N/A	N/A	13,5	13,5	14,0	6,1	48,7	
Anthracen	49,6	7,4	4,0	4,8	0,7	4,1	2,3	
Benzo(a)fluoren	80,8	N/A	16,0	6,4	8,4	2,0	13,6	
Fluoranthren	377,6	63,1	87,0	82,1	80,4	66,1	91,6	
Pyren	275,6	40,3	73,3	38,0	47,7	51,0	71,1	
Benzo(a)anthracen	69,7	17,0	8,5	3,3	11,6	12,3	19,3	
Chrysen/Triphenylen	74,6	43,9	32,2	9,8	24,2	23,4	30,5	
Benzo(bjk)fluoranthener	118,1	48,5	36,0	70,6	26,6	27,6	36,3	
Benzo(e)pyren	98,4	15,1	16,1	15,7	14,7	16,3	19,1	
Benzo(a)pyren	179,0	14,1	22,8	59,2	4,8	11,0	14,6	
Perylen	531,0	23,2	47,2	36,8	36,0	28,9	38,5	
Indeno(123cd)pyren	88,2	N/A	7,4	14,0	7,0	9,8	10,4	
Benzo(ghi)perylen	N/A	1,5	5,8	5,5	6,5	9,2	11,1	
Dibenzo(ah)anthracen	N/A	2,9	3,5	4,3	3,0	8,1	3,4	
<i>Sum PAH</i>	<i>3843</i>	<i>911</i>	<i>685</i>	<i>763</i>	<i>1032</i>	<i>661</i>	<i>1062</i>	

¹Samtlige data for de enkelte år er geometriske middelværdier af op til individuelle prøver. N/A: data ikke tilgængelige.

Tabel B4. PAH indhold¹ i muslinger fra station JDMTM1, Juvre Dyb (Rømø), 1999-2005.

Lokalitet	Juvre Dyb							
Station	JDMTM1							
År	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Specie	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling
Konc.	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)
Naphthalen		23,8	22,6	32,3	29,1	33,2	24,2	N/A
C1-Naphthalener		157,0	26,5	34,0	21,1	34,7	19,5	N/A
C2-Naphthalener		225,1	26,0	61,5	23,9	68,5	54,9	N/A
C3-Naphthalener		80,5	32,1	15,5	5,7	45,9	42,3	N/A
Acenaphthylen		3,0	22,6	57,4	0,4	3,0	1,2	0,8
Acenaphthen		0,3	0,4	3,3	2,0	9,0	6,5	N/A
Fluoren		24,7	15,5	31,4	8,7	25,3	17,7	51,1
Dibenzothiophen		11,0	3,3	3,0	1,8	8,2	7,8	3,6
C1-Dibenzothiophener		74,8	21,7	1,3	5,0	23,3	22,6	14,3
Phenanthren		94,2	79,3	48,2	52,1	90,8	93,0	48,8
C1-Phenathrener		127,0	24,1	N/A	51,5	92,5	66,9	24,1
C2-Phenathrener		N/A	N/A	N/A	24,1	79,9	52,5	36,6
C3-Phenathrener		165,0	1,6	1,3	N/A	6,8	10,4	3,1
Anthracen		2,6	4,0	2,4	2,0	4,1	2,7	0,6
Benzo(a)fluoren		67,1	6,7	13,2	0,9	3,8	5,9	3,1
Fluoranthren		20,6	71,6	37,7	58,5	160,5	82,6	33,4
Pyren		32,7	45,1	32,9	35,1	82,6	59,0	16,9
Benzo(a)anthracen		11,6	6,2	9,9	4,2	15,4	11,4	4,8
Chrysen/Triphenylen		51,0	32,9	17,5	8,9	24,5	19,4	12,3
Benzo(bjk)fluoranthener		124,6	24,4	27,0	13,2	26,0	20,8	20,5
Benzo(e)pyren		15,8	10,9	14,9	5,4	11,7	11,0	6,7
Benzo(a)pyren		12,1	13,9	16,8	4,5	22,8	10,6	3,2
Perylen		7,4	22,8	17,9	2,1	9,8	23,0	6,3
Indeno(123cd)pyren		9,6	4,6	11,6	2,7	10,1	3,7	2,5
Benzo(ghi)perylen		9,3	4,4	4,9	1,4	9,6	7,0	3,4
Dibenzo(ah)anthracen		3,0	3,3	8,0	2,7	6,9	3,7	2,5
<i>Sum PAH</i>		<i>1354</i>	<i>526</i>	<i>504</i>	<i>367</i>	<i>909</i>	<i>680</i>	<i>298</i>

¹Samtlige data for de enkelte år er geometriske middelværdier af op til individuelle prøver. N/A: data ikke tilgængelige.

Table B5. PAH indhold¹ i muslinger fra station LDMTM1, Lister Dyb (Rømø), 1999-2005.

Lokalitet Station	Lister Dyb							
	LDMTM1							
År	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Specie	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling
Konc.	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)
Naphthalen		37,9	31,1	24,5	34,6	25,9	30,4	N/A
C1-Naphthalener		196,1	34,8	38,9	28,1	28,2	16,0	N/A
C2-Naphthalener		279,2	42,7	38,9	25,6	55,9	38,2	N/A
C3-Naphthalener		119,0	18,4	9,8	6,0	46,8	29,8	N/A
Acenaphthylen		3,3	23,8	64,2	0,5	3,8	1,9	0,8
Acenaphthen		2,2	N/A	1,5	2,5	9,6	6,4	N/A
Fluoren		28,1	13,9	26,6	11,1	26,6	15,0	54,8
Dibenzothiophen		15,0	2,6	2,5	2,6	9,4	6,4	3,1
C1-Dibenzothiophener		105,0	20,4	14,5	11,1	29,3	15,8	11,8
Phenanthren		117,8	75,3	42,1	68,9	88,6	81,9	39,0
C1-Phenathrener		191,6	21,1	N/A	55,6	82,2	52,9	23,8
C2-Phenathrener		203,8	N/A	N/A	42,4	70,1	41,5	28,9
C3-Phenathrener		180,7	1,9	3,6	N/A	5,3	9,4	4,3
Anthracen		3,5	4,3	3,3	3,7	5,4	2,6	0,2
Benzo(a)fluoren		87,7	7,1	1,5	2,8	2,6	6,7	3,0
Fluoranthren		12,1	84,4	37,8	60,2	116,8	85,2	21,8
Pyren		44,1	51,7	22,8	40,3	67,7	59,5	12,2
Benzo(a)anthracen		13,4	5,7	7,0	6,9	15,0	10,4	4,7
Chrysen/Triphenylen		51,1	26,0	12,0	12,0	31,0	23,2	12,1
Benzo(bjk)fluoranthener		89,1	19,8	11,0	13,0	27,1	23,8	16,8
Benzo(e)pyren		21,6	8,9	7,2	6,7	11,0	12,1	5,4
Benzo(a)pyren		17,8	12,7	10,9	5,6	23,2	9,7	3,3
Perylen		14,0	24,7	17,5	4,4	17,0	17,9	7,3
Indeno(123cd)pyren		14,4	3,7	6,5	3,1	10,6	7,5	2,4
Benzo(ghi)perylen		11,4	3,9	1,3	2,0	7,9	7,6	3,4
Dibenzo(ah)anthracen		4,5	3,7	N/A	3,1	10,4	3,2	2,4
<i>Sum PAH</i>		<i>1864</i>	<i>543</i>	<i>406</i>	<i>453</i>	<i>828</i>	<i>615</i>	<i>262</i>

¹Samtlige data for de enkelte år er geometriske middelværdier af op til individuelle prøver. N/A: data ikke tilgængelige.

Tabel B6. PAH indhold¹ i muslinger fra station 230987, Kare Holm (Randers Fjord), 1999-2005.

Lokalitet Station	Kare Holm (Randers Fjord)							
	230987							
År	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Specie	blåmusling							
Konc.	(µg/kg ts)							
Naphthalen		58,1	68,9	43,1	88,5	43,0	55,0	N/A
C1-Naphthalener		160,6	66,6	57,5	125,7	35,7	58,2	N/A
C2-Naphthalener		191,3	63,9	118,8	130,8	65,2	107,2	N/A
C3-Naphthalener		226,6	40,9	42,6	105,0	66,0	97,3	N/A
Acenaphthylen		98,6	45,1	16,1	2,1	3,8	0,4	2,3
Acenaphthen		8,3	1,7	1,9	12,6	15,5	17,4	N/A
Fluoren		31,8	25,7	23,6	47,0	26,9	13,2	94,7
Dibenzothiophen		14,1	4,0	7,0	29,4	8,4	5,6	8,1
C1-Dibenzothiophener		N/A	21,9	24,3	93,9	26,0	19,1	32,2
Phenanthren		196,3	91,5	107,9	343,4	91,4	76,2	119,8
C1-Phenathrener		N/A	27,1	N/A	195,3	82,5	69,7	65,6
C2-Phenathrener		N/A	N/A	N/A	178,0	81,5	70,8	98,6
C3-Phenathrener		N/A	11,8	2,0	18,6	7,9	4,6	8,0
Anthracen		16,9	7,7	5,3	3,2	10,1	2,3	1,8
Benzo(a)fluoren		N/A	2,3	6,7	14,8	3,3	4,4	11,5
Fluoranthren		111,3	87,5	92,2	144,6	117,2	87,0	130,3
Pyren		66,5	62,9	52,1	95,6	82,2	57,3	60,0
Benzo(a)anthracen		29,1	9,3	17,4	25,8	25,3	10,9	28,2
Chrysen/Triphenylen		63,2	35,4	25,9	33,3	42,5	16,9	42,8
Benzo(bjk)fluoranthener		192,0	59,9	31,1	30,1	37,8	9,3	42,7
Benzo(e)pyren		8,8	14,0	14,9	15,4	17,7	2,4	14,7
Benzo(a)pyren		N/A	84,1	10,0	20,5	18,1	11,9	9,8
Perylen		77,7	173,1	26,7	34,0	27,9	3,9	18,4
Indeno(123cd)pyren		N/A	5,2	19,3	9,9	12,4	6,0	5,9
Benzo(ghi)perylen		N/A	2,6	4,4	9,1	16,1	4,0	8,6
Dibenzo(ah)anthracen		29,6	5,2	N/A	6,3	6,0	4,3	5,9
<i>Sum PAH</i>		<i>1581</i>	<i>1018</i>	<i>751</i>	<i>1813</i>	<i>971</i>	<i>815</i>	<i>810</i>

¹Samtlige data for de enkelte år er geometriske middelværdier af op til individuelle prøver. N/A: data ikke tilgængelige.

Table B7. PAH indhold¹ i muslinger fra station 230988, Udbyhøj (Randers Fjord), 1999-2005.

Lokalitet Station	Udbyhøj (Randers Fjord)							
	230988							
År	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Specie	blåmusling							
Konc.	(µg/kg ts)							
Naphthalen		80,3	49,8	32,2	50,9	31,9	42,6	N/A
C1-Naphthalener		88,5	49,5	44,5	53,4	26,1	40,7	N/A
C2-Naphthalener		100,0	48,9	108,0	61,2	49,9	87,6	N/A
C3-Naphthalener		111,9	37,7	22,6	73,3	44,7	108,4	N/A
Acenaphthylen		81,8	59,7	5,4	1,6	3,0	0,3	2,0
Acenaphthen		2,1	2,7	0,7	7,3	10,9	22,8	N/A
Fluoren		21,5	15,5	16,6	23,6	27,0	14,1	87,3
Dibenzothiophen		8,2	2,3	4,4	13,1	9,1	4,9	11,6
C1-Dibenzothiophener		N/A	22,0	1,6	35,2	27,6	26,0	37,2
Phenanthren		136,8	53,9	81,9	138,7	88,4	85,9	147,2
C1-Phenathrener		N/A	13,9	N/A	106,1	104,7	66,3	118,8
C2-Phenathrener		N/A	N/A	N/A	127,8	83,0	45,5	83,8
C3-Phenathrener		N/A	26,5	1,6	29,6	5,3	4,9	22,4
Anthracen		7,5	3,2	7,0	2,5	4,6	2,7	6,8
Benzo(a)fluoren		N/A	0,9	13,2	10,3	2,6	4,2	8,9
Fluoranthren		104,4	52,7	107,8	102,8	135,4	105,4	82,4
Pyren		65,0	37,8	38,4	73,0	79,5	65,2	33,1
Benzo(a)anthracen		46,1	4,5	16,3	15,4	15,1	13,4	9,3
Chrysen/Triphenylen		54,4	22,6	27,9	29,8	37,8	21,3	17,3
Benzo(bjk)fluoranthener		197,2	18,4	19,9	18,6	25,4	18,0	21,5
Benzo(e)pyren		4,7	6,3	2,2	7,6	9,2	9,9	5,0
Benzo(a)pyren		15,7	32,9	11,7	10,4	18,6	6,3	3,7
Perylen		93,2	113,0	19,5	11,3	11,9	5,3	10,8
Indeno(123cd)pyren		15,3	3,8	6,6	6,2	9,3	7,7	4,1
Benzo(ghi)perylen		2,2	1,9	2,9	5,2	6,0	5,3	2,1
Dibenzo(ah)anthracen		4,3	3,8	N/A	3,8	7,7	3,3	4,1
<i>Sum PAH</i>		<i>1241</i>	<i>684</i>	<i>593</i>	<i>1019</i>	<i>875</i>	<i>818</i>	<i>720</i>

¹Samtlige data for de enkelte år er geometriske middelværdier af op til individuelle prøver. N/A: data ikke tilgængelige.

Tabel B8. PAH indhold¹ i muslinger fra station 170167, Skødshoved (Århus Bugt), 1999-2005.

Lokalitet Station År	Skødshoved (Århus Bugt)							
	170167							
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Specie		blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling
Konc.		(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)
Naphthalen		29,8	33,0	30,2	34,0	18,6	32,1	N/A
C1-Naphthalener		71,4	48,0	56,4	24,5	14,2	28,8	N/A
C2-Naphthalener		108,8	36,4	294,0	53,5	26,9	55,5	N/A
C3-Naphthalener		61,5	17,1	50,0	43,6	38,0	45,7	N/A
Acenaphthylen		29,9	38,0	2,8	0,7	1,8	0,3	0,6
Acenaphthen		2,8	1,8	1,2	7,5	6,6	8,3	N/A
Fluoren		22,9	9,5	23,3	37,0	16,5	12,4	38,5
Dibenzothiophen		6,3	0,9	5,4	12,8	5,3	5,2	6,2
C1-Dibenzothiophener		N/A	14,0	1,4	39,8	16,8	18,2	45,5
Phenanthren		128,1	35,2	108,6	150,2	75,2	74,1	69,0
C1-Phenathrener		N/A	7,0	N/A	100,3	46,2	58,0	47,6
C2-Phenathrener		N/A	N/A	N/A	82,7	34,2	50,0	29,3
C3-Phenathrener		N/A	2,6	1,4	9,9	3,4	3,7	5,5
Anthracen		7,7	6,2	4,4	2,0	3,3	2,1	0,2
Benzo(a)fluoren		N/A	1,5	18,5	3,9	1,3	4,8	4,0
Fluoranthren		100,6	25,7	101,6	50,0	68,3	72,5	43,7
Pyren		48,7	17,8	35,6	37,6	43,5	46,4	21,0
Benzo(a)anthracen		13,8	3,2	14,5	7,3	9,8	10,6	4,6
Chrysen/Triphenylen		53,6	15,0	36,6	11,8	23,2	18,1	8,9
Benzo(bjk)fluoranthener		32,0	12,1	68,8	8,1	14,8	9,5	3,5
Benzo(e)pyren		2,8	2,0	3,0	2,0	5,9	3,4	1,8
Benzo(a)pyren		5,7	14,7	10,8	11,2	6,9	8,8	4,1
Perylen		7,5	18,9	4,3	2,2	8,1	2,2	8,8
Indeno(123cd)pyren		4,5	2,6	7,2	2,9	5,8	4,5	2,5
Benzo(ghi)perylen		1,4	1,3	0,6	1,4	4,2	3,5	1,2
Dibenzo(ah)anthracen		2,7	2,6	N/A	2,9	3,1	2,6	2,5
<i>Sum PAH</i>		<i>743</i>	<i>367</i>	<i>881</i>	<i>740</i>	<i>502</i>	<i>581</i>	<i>349</i>

¹Samtlige data for de enkelte år er geometriske middelværdier af op til individuelle prøver. N/A: data ikke tilgængelige.

Tabel B9. PAH indhold¹ i muslinger fra station 170165, Ydermolen (Århus Bugt), 1999-2005.

Lokalitet Station	Ydermolen (Århus Havn)							
	170165							
År	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Specie		blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling
Konc.		(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)
Naphthalen		45,3	43,4	28,0	43,6	32,2	35,6	N/A
C1-Naphthalener		88,6	60,5	46,4	47,4	29,8	34,7	N/A
C2-Naphthalener		166,6	73,2	106,1	63,8	46,4	65,3	N/A
C3-Naphthalener		113,3	78,9	15,5	48,2	40,9	73,2	N/A
Acenaphthylen		109,6	39,4	2,3	0,9	4,4	0,3	1,1
Acenaphthen		7,5	3,4	1,3	6,9	13,3	15,3	N/A
Fluoren		33,6	17,0	17,8	22,8	27,4	15,3	51,0
Dibenzothiophen		10,0	1,8	3,0	13,8	3,8	4,6	5,4
C1-Dibenzothiophener		N/A	30,5	1,1	34,8	14,3	18,4	36,3
Phenanthren		150,7	60,4	67,2	157,3	81,9	83,4	86,4
C1-Phenathrener		N/A	27,2	N/A	99,1	41,4	56,4	61,0
C2-Phenathrener		N/A	N/A	N/A	80,9	33,5	46,4	51,3
C3-Phenathrener		N/A	1,8	1,1	9,6	2,3	4,6	10,4
Anthracen		18,4	6,2	4,8	1,5	3,3	3,0	5,8
Benzo(a)fluoren		N/A	2,8	5,1	6,4	1,3	6,9	13,8
Fluoranthren		96,3	50,3	54,0	69,7	74,6	77,2	74,4
Pyren		51,4	31,7	18,9	44,6	42,8	49,8	37,5
Benzo(a)anthracen		9,5	7,3	9,4	12,9	15,5	19,0	24,5
Chrysen/Triphenylen		55,7	36,3	27,6	19,8	30,7	26,3	31,5
Benzo(bjk)fluoranthener		N/A	18,1	75,1	13,4	25,1	22,3	15,3
Benzo(e)pyren		5,4	6,6	7,7	5,8	12,4	10,1	5,8
Benzo(a)pyren		N/A	17,6	10,5	9,1	10,5	10,5	10,5
Perylen		13,3	16,0	24,7	1,6	9,6	4,1	6,4
Indeno(123cd)pyren		2,5	3,7	5,1	3,7	7,7	8,2	3,1
Benzo(ghi)perylen		N/A	1,8	1,0	1,9	6,9	9,2	1,6
Dibenzo(ah)anthracen		2,5	3,7	N/A	3,7	4,7	3,2	3,1
<i>Sum PAH</i>		<i>980</i>	<i>640</i>	<i>534</i>	<i>823</i>	<i>617</i>	<i>703</i>	<i>536</i>

¹Samtlige data for de enkelte år er geometriske middelværdier af op til individuelle prøver. N/A: data ikke tilgængelige.

Tabel B10. PAH indhold¹ i muslinger fra station 170165, Mejl Flak (Århus Bugt), 1999-2003.

Lokalitet Station	Mejl Flak (Århus Bugt)							
	170166							
År	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Specie		blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling
Konc.		(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)
Naphthalen		33,4	32,7	16,7	30,6	21,1		
C1-Naphthalener		81,2	34,6	27,2	26,7	59,5		
C2-Naphthalener		111,3	39,5	74,7	45,7	128,9		
C3-Naphthalener		115,7	38,3	25,4	36,6	110,3		
Acenaphthylen		108,6	43,9	1,1	0,6	2,3		
Acenaphthen		3,8	1,7	1,0	5,9	8,3		
Fluoren		28,8	14,8	6,3	20,3	24,8		
Dibenzothiophen		5,4	3,1	3,8	11,3	4,4		
C1-Dibenzothiophener		N/A	30,4	6,8	29,4	13,4		
Phenanthren		96,9	52,7	109,2	151,9	69,0		
C1-Phenathrener		N/A	17,6	N/A	89,2	46,9		
C2-Phenathrener		N/A	N/A	N/A	71,6	31,2		
C3-Phenathrener		N/A	43,4	1,2	9,4	2,9		
Anthracen		11,5	3,0	6,9	1,6	3,3		
Benzo(a)fluoren		N/A	0,3	2,8	6,5	1,1		
Fluoranthren		58,6	38,9	132,9	61,4	53,1		
Pyren		37,0	25,4	59,0	38,6	33,8		
Benzo(a)anthracen		1,9	1,7	23,4	6,4	8,3		
Chrysen/Triphenylen		32,4	13,4	97,2	15,8	20,0		
Benzo(bjk)fluoranthener		49,5	12,4	94,8	15,0	20,2		
Benzo(e)pyren		18,5	7,1	47,0	7,9	11,7		
Benzo(a)pyren		N/A	18,1	19,8	8,3	7,1		
Perylen		16,6	24,0	7,7	2,8	9,2		
Indeno(123cd)pyren		2,6	2,7	6,2	3,4	6,5		
Benzo(ghi)perylen		N/A	1,4	22,3	4,2	5,5		
Dibenzo(ah)anthracen		2,8	2,7	N/A	2,6	2,8		
<i>Sum PAH</i>		<i>817</i>	<i>504</i>	<i>793</i>	<i>704</i>	<i>706</i>		

¹Samtlige data for de enkelte år er geometriske middelværdier af op til individuelle prøver. N/A: data ikke tilgængelige.

Tabel B11. PAH indhold¹ i muslinger fra station LBMTM2, Helleved/Als øst (sydlige Lillebælt), 1999-2005.

Lokalitet Station	Helleved (Als Ø)							
	LBMTM2							
År	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Specie	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling
Konc.	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)
Naphthalen		37,9	17,7	38,3	27,2	23,6	30,6	N/A
C1-Naphthalener		119,6	27,9	46,0	20,1	30,7	16,6	N/A
C2-Naphthalener		278,7	20,8	83,7	19,6	54,1	36,3	N/A
C3-Naphthalener		159,5	22,7	22,2	6,4	40,7	N/A	N/A
Acenaphthylen		3,8	12,1	52,1	0,4	2,4	1,4	1,7
Acenaphthen		6,1	1,1	7,7	2,4	7,8	2,6	N/A
Fluoren		28,6	10,0	26,6	8,1	18,0	13,7	48,1
Dibenzothiophen		14,6	1,8	3,7	1,5	6,7	7,4	3,6
C1-Dibenzothiophener		51,6	19,4	4,1	3,5	20,8	20,1	16,7
Phenanthren		151,8	63,0	62,1	44,5	66,2	93,9	55,5
C1-Phenathrener		89,2	24,0	N/A	30,2	72,2	62,6	29,7
C2-Phenathrener		166,3	N/A	N/A	18,5	75,1	66,2	27,5
C3-Phenathrener		39,6	1,3	1,5	N/A	7,5	8,8	5,5
Anthracen		4,7	2,9	4,5	2,1	3,9	3,0	1,2
Benzo(a)fluoren		97,5	17,1	5,9	2,3	2,5	10,1	2,7
Fluoranthren		213,1	59,7	77,0	54,8	68,0	74,7	37,6
Pyren		45,6	34,8	35,8	31,9	41,1	42,9	19,9
Benzo(a)anthracen		14,6	5,0	8,6	4,6	9,7	9,1	3,7
Chrysen/Triphenylen		66,5	28,8	23,0	10,3	20,1	21,2	11,7
Benzo(bjk)fluoranthener		59,1	15,6	15,6	7,4	13,4	20,2	9,8
Benzo(e)pyren		18,7	6,1	5,3	5,4	6,7	8,9	2,3
Benzo(a)pyren		15,7	11,9	15,8	3,7	15,3	10,2	4,2
Perylen		6,3	8,8	11,8	0,5	3,1	3,7	1,9
Indeno(123cd)pyren		14,7	4,4	6,3	2,3	6,9	5,6	2,7
Benzo(ghi)perylen		14,0	4,6	1,3	1,2	8,2	5,6	1,3
Dibenzo(ah)anthracen		14,0	2,5	N/A	2,3	5,9	4,5	2,7
<i>Sum PAH</i>		<i>1732</i>	<i>424</i>	<i>559</i>	<i>311</i>	<i>631</i>	<i>580</i>	<i>290</i>

¹Samtlige data for de enkelte år er geometriske middelværdier af op til individuelle prøver. N/A: data ikke tilgængelige.

Tabel B12. PAH indhold¹ i muslinger fra station FFMTM1, Kobbermølle Bugt/Flensborg Fjord (sydlige Lillebælt), 2000-2005.

Lokalitet	Kobbermølle Bugt (Flensborg Fj)							
	FFMTM1							
Station								
År	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Specie	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling
Konc.	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)
Naphthalen			35,9	30,7	25,9	24,8	25,3	N/A
C1-Naphthalener			39,5	40,5	19,1	25,1	23,9	N/A
C2-Naphthalener			69,0	274,9	20,5	46,4	40,0	N/A
C3-Naphthalener			69,0	20,6	8,5	39,0	40,1	N/A
Acenaphthylen			30,5	48,6	0,4	2,8	N/A	1,1
Acenaphthen			0,5	3,8	3,8	8,8	9,6	N/A
Fluoren			19,7	35,3	8,9	37,0	18,9	42,4
Dibenzothiophen			3,9	3,7	1,4	8,1	5,7	4,0
C1-Dibenzothiophener			43,5	1,3	17,6	25,2	26,3	14,5
Phenanthren			124,2	58,3	38,2	69,5	84,1	58,5
C1-Phenathrener			9,0	N/A	31,8	74,2	49,0	33,8
C2-Phenathrener			N/A	N/A	29,4	68,9	38,9	31,6
C3-Phenathrener			66,4	1,3	N/A	6,0	4,2	7,8
Anthracen			5,4	4,7	2,0	4,4	2,5	1,8
Benzo(a)fluoren			13,0	72,1	5,8	2,6	3,5	5,2
Fluoranthren			102,1	59,1	41,8	121,5	54,4	59,1
Pyren			95,8	38,3	27,4	67,1	37,8	31,1
Benzo(a)anthracen			13,7	14,2	4,3	16,7	9,0	7,8
Chrysen/Triphenylen			41,4	21,9	7,1	31,5	15,7	16,9
Benzo(bjk)fluoranthener			30,8	24,4	4,2	24,4	17,7	19,0
Benzo(e)pyren			14,3	12,2	3,1	12,4	8,8	4,1
Benzo(a)pyren			40,0	43,3	4,2	20,8	9,7	3,6
Perylen			44,4	6,3	N/A	3,6	5,5	1,7
Indeno(123cd)pyren			13,4	8,5	2,3	10,7	7,1	2,6
Benzo(ghi)perylen			13,8	1,9	1,2	10,4	7,3	1,9
Dibenzo(ah)anthracen			12,1	5,5	2,3	9,7	2,4	2,6
<i>Sum PAH</i>			<i>951</i>	<i>831</i>	<i>311</i>	<i>772</i>	<i>548</i>	<i>351</i>

¹Samtlige data for de enkelte år er geometriske middelværdier af op til individuelle prøver. N/A: data ikke tilgængelige.

Tabel B13. PAH indhold¹ i muslinger fra station M39, Egholm Flak (Storebælt), 1999-2005.

Lokalitet Station	Egholm Flak (Storebælt)							
	M39							
År	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Specie	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling
Konc.	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)
Naphthalen		61,0	61,5	58,2	92,6	45,6	47,8	N/A
C1-Naphthalener		20,5	61,8	69,3	166,4	31,1	40,4	N/A
C2-Naphthalener		48,4	54,8	151,2	156,7	53,4	77,0	N/A
C3-Naphthalener		38,9	84,4	42,7	100,0	63,7	70,1	N/A
Acenaphthylen		66,9	54,0	4,6	N/A	2,8	1,7	1,8
Acenaphthen		2,5	2,2	5,3	N/A	14,1	14,4	N/A
Fluoren		14,1	21,9	9,3	23,9	31,5	15,9	98,1
Dibenzothiophen		3,4	8,9	8,1	10,4	9,2	8,2	8,6
C1-Dibenzothiophener		45,3	43,4	2,5	32,0	32,4	26,9	49,5
Phenanthren		100,8	207,2	208,3	97,0	161,5	113,2	128,5
C1-Phenathrener		N/A	50,6	N/A	47,1	85,3	79,0	71,1
C2-Phenathrener		N/A	N/A	N/A	51,5	69,0	66,1	134,0
C3-Phenathrener		N/A	4,8	2,5	2,5	6,4	6,6	14,4
Anthracen		9,5	9,7	9,4	2,9	4,9	3,3	0,5
Benzo(a)fluoren		1,7	7,7	19,0	5,7	1,6	5,1	6,1
Fluoranthren		55,6	181,0	168,9	140,4	88,5	90,8	72,5
Pyren		31,7	100,0	57,9	87,1	57,2	58,3	37,2
Benzo(a)anthracen		26,8	20,2	30,3	16,5	19,7	18,2	8,1
Chrysen/Triphenylen		25,9	75,2	57,8	24,9	50,7	27,4	20,1
Benzo(bjk)fluoranthener		160,6	79,2	264,7	22,9	42,8	25,9	26,2
Benzo(e)pyren		2,1	14,2	24,4	6,3	12,2	6,6	6,3
Benzo(a)pyren		2,8	51,5	46,0	8,9	13,7	14,0	7,5
Perylen		79,2	58,7	12,0	N/A	4,1	3,9	16,0
Indeno(123cd)pyren		6,6	12,6	35,9	12,8	13,0	9,9	4,9
Benzo(ghi)perylen		5,4	9,7	11,3	8,7	14,9	10,2	8,2
Dibenzo(ah)anthracen		5,1	6,0	N/A	5,0	5,7	11,6	4,9
<i>Sum PAH</i>		<i>815</i>	<i>1281</i>	<i>1299</i>	<i>1122</i>	<i>935</i>	<i>853</i>	<i>725</i>

¹Samtlige data for de enkelte år er geometriske middelværdier af op til individuelle prøver. N/A: data ikke tilgængelige.

Tabel B14. PAH indhold¹ i muslinger fra station M31, Nivå Bugt (Øresund), 1999-2005.

Lokalitet Station	Nivå Bugt (Øresund)							
	M31							
År	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Specie	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling
Konc.	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)
Naphthalen		75,1		63,9	140,9	43,2	34,8	N/A
C1-Naphthalener		35,2		78,9	238,1	29,7	31,3	N/A
C2-Naphthalener		46,3		170,2	215,3	49,5	62,4	N/A
C3-Naphthalener		45,1		65,4	145,8	53,9	79,5	N/A
Acenaphthylen		52,9		4,3	0,5	3,1	0,9	1,7
Acenaphthen		1,4		4,6	0,5	11,3	17,8	N/A
Fluoren		13,7		12,8	36,0	25,9	12,1	57,0
Dibenzothiophen		3,2		12,9	12,3	5,7	5,3	8,0
C1-Dibenzothiophener		15,9		2,7	46,7	22,6	20,6	47,2
Phenanthren		89,7		213,2	134,3	106,4	70,5	120,2
C1-Phenathrener		N/A		N/A	77,1	73,3	59,7	65,2
C2-Phenathrener		N/A		N/A	98,8	61,9	48,6	51,2
C3-Phenathrener		N/A		2,7	7,8	7,6	3,3	4,3
Anthracen		4,5		10,4	3,0	3,5	2,1	0,8
Benzo(a)fluoren		3,3		16,3	11,6	1,8	3,9	4,3
Fluoranthren		52,9		191,7	237,4	81,1	60,9	58,4
Pyren		29,8		63,5	128,4	56,7	43,0	57,1
Benzo(a)anthracen		19,0		32,0	23,1	19,6	14,1	12,6
Chrysen/Triphenylen		24,5		57,5	32,8	44,8	19,5	20,8
Benzo(bjk)fluoranthener		171,3		310,0	29,9	40,4	20,4	16,5
Benzo(e)pyren		2,7		15,7	11,7	14,6	6,5	5,4
Benzo(a)pyren		4,8		48,8	6,8	13,4	12,0	5,4
Perylen		71,6		21,5	N/A	6,0	3,6	4,8
Indeno(123cd)pyren		7,9		27,9	13,9	9,8	7,4	4,7
Benzo(ghi)perylen		6,6		8,4	8,8	12,5	8,4	6,9
Dibenzo(ah)anthracen		8,5		N/A	5,0	6,0	10,4	4,7
<i>Sum PAH</i>		<i>786</i>		<i>1436</i>	<i>1667</i>	<i>804</i>	<i>659</i>	<i>557</i>

¹Samtlige data for de enkelte år er geometriske middelværdier af op til individuelle prøver. N/A: data ikke tilgængelige.

Table B15. PAH indhold¹ i muslinger fra station T1, Tårnbæk Rev (Øresund), 1999-2004.

Lokalitet	Tårnbæk Rev (Øresund)						
	Station	Skovshoved	Vedbæk	Skovshoved	Strandmøllen	Skovshoved	
År	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Specie	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling
Konc.	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)
Naphthalen	25,2	46,1		32,6	26,7	36,3	
C1-Naphthalener	82,4	64,1		26,1	31,8	32,5	
C2-Naphthalener	57,4	63,6		69,3	62,2	42,9	
C3-Naphthalener	55,6	58,8		89,9	80,2	37,6	
Acenaphthylen	12,6	15,0		4,0	2,5	N/A	
Acenaphthen	1,4	2,7		7,6	3,2	14,1	
Fluoren	18,2	8,2		23,1	25,9	18,7	
Dibenzothiophen	9,0	4,9		12,8	5,3	3,8	
C1-Dibenzothiophener	N/A	31,1		116,5	24,7	25,4	
Phenanthren	103,8	90,3		214,4	60,5	84,1	
C1-Phenathrener	N/A	19,0		84,3	67,3	55,4	
C2-Phenathrener	N/A	N/A		165,4	47,4	43,8	
C3-Phenathrener	N/A	1,8		N/A	3,4	5,3	
Anthracen	3,5	7,1		5,4	3,1	2,2	
Benzo(a)fluoren	N/A	1,7		1,8	1,8	4,9	
Fluoranthren	74,7	50,9		87,8	75,6	89,2	
Pyren	42,8	34,0		77,0	53,7	54,9	
Benzo(a)anthracen	21,2	10,7		14,4	16,2	24,2	
Chrysen/Triphenylen	28,7	18,3		62,6	28,6	36,3	
Benzo(bjk)fluoranthener	74,6	32,6		27,3	27,5	49,9	
Benzo(e)pyren	7,8	5,7		88,0	9,4	15,6	
Benzo(a)pyren	34,1	28,4		65,5	14,6	16,3	
Perylen	38,2	32,2		140,3	6,0	7,7	
Indeno(123cd)pyren	8,6	3,6		33,0	13,8	15,2	
Benzo(ghi)perylen	1,8	1,8		18,3	11,0	16,6	
Dibenzo(ah)anthracen	3,6	3,6		5,3	13,0	3,9	
<i>Sum PAH</i>	<i>705</i>	<i>636</i>		<i>1473</i>	<i>715</i>	<i>737</i>	

¹Samtlige data for de enkelte år er geometriske middelværdier af op til individuelle prøver. N/A: data ikke tilgængelige.

Tabel B16. PAH indhold¹ i muslinger fra station Lynetten (Øresund), 1999-2004.

Lokalitet Station	Lynetten (Øresund)							
	Lynetten							
År	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Specie	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling
Konc.	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)
Naphthalen		55,4	45,1	23,7	29,9	39,8	39,1	
C1-Naphthalener		147,7	59,1	19,2	24,1	20,1	30,9	
C2-Naphthalener		272,8	53,0	57,3	72,2	45,3	43,8	
C3-Naphthalener		142,2	38,0	65,9	82,9	76,7	39,3	
Acenaphthylen		91,0	24,1	2,4	3,0	1,2	N/A	
Acenaphthen		4,1	2,8	3,7	4,7	0,4	14,4	
Fluoren		45,7	16,4	9,7	12,2	36,5	15,4	
Dibenzothiophen		11,2	6,6	14,1	17,8	2,7	3,6	
C1-Dibenzothiophener		N/A	48,2	28,6	36,0	9,6	26,3	
Phenanthren		162,8	98,2	118,6	212,9	34,8	67,5	
C1-Phenathrener		N/A	20,5	N/A	95,5	44,6	44,8	
C2-Phenathrener		N/A	N/A	83,0	104,4	33,0	35,8	
C3-Phenathrener		N/A	2,0	N/A	N/A	2,0	5,7	
Anthracen		11,7	9,4	5,0	6,3	3,4	2,2	
Benzo(a)fluoren		N/A	3,2	2,2	2,7	2,6	4,7	
Fluoranthren		102,2	61,3	79,4	99,9	43,0	58,3	
Pyren		58,8	38,9	67,9	85,4	53,5	44,8	
Benzo(a)anthracen		18,1	18,3	14,7	18,5	18,4	24,2	
Chrysen/Triphenylen		43,5	26,9	49,9	62,8	24,7	28,0	
Benzo(bjk)fluoranthener		94,0	41,2	23,2	29,2	38,5	50,8	
Benzo(e)pyren		21,5	12,9	79,4	100,0	14,8	17,1	
Benzo(a)pyren		43,0	42,5	45,0	56,7	16,7	20,4	
Perylen		82,7	44,3	96,6	121,6	11,6	9,7	
Indeno(123cd)pyren		17,4	3,9	9,2	11,6	31,1	16,3	
Benzo(ghi)perylen		23,0	5,0	14,8	18,7	20,9	21,3	
Dibenzo(ah)anthracen		3,9	3,9	5,3	6,7	16,0	3,9	
<i>Sum PAH</i>		<i>1453</i>	<i>726</i>	<i>919</i>	<i>1315</i>	<i>642</i>	<i>668</i>	

¹Samtlige data for de enkelte år er geometriske middelværdier af op til individuelle prøver. N/A: data ikke tilgængelige.

Tabel B17. PAH indhold¹ i muslinger fra station A1, Søvang/Amager (Øresund), 1999-2003.

Lokalitet Station	Søvang/Amager (Øresund)							
	A1							
År	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Specie	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling
Konc.	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)
Naphthalen		43,8	55,9	35,1	36,5	60,5		
C1-Naphthalener		174,5	101,5	26,4	27,4	33,3		
C2-Naphthalener		298,3	91,8	49,9	51,8	71,3		
C3-Naphthalener		185,2	75,2	76,2	79,2	91,1		
Acenaphthylen		6,3	17,6	3,4	3,6	1,5		
Acenaphthen		1,8	3,1	7,4	7,7	0,7		
Fluoren		22,8	10,9	28,5	29,6	39,8		
Dibenzothiophen		10,2	6,6	16,4	17,1	3,3		
C1-Dibenzothiophener		N/A	54,9	98,1	102,0	9,0		
Phenanthren		135,2	105,4	255,5	265,6	48,8		
C1-Phenathrener		N/A	26,3	N/A	112,8	36,3		
C2-Phenathrener		N/A	N/A	140,5	146,0	39,3		
C3-Phenathrener		N/A	2,4	N/A	N/A	2,5		
Anthracen		4,4	8,9	7,8	8,1	2,3		
Benzo(a)fluoren		N/A	6,2	1,8	1,9	1,6		
Fluoranthren		110,0	58,5	106,0	110,1	56,2		
Pyren		51,1	40,6	82,2	85,4	64,4		
Benzo(a)anthracen		26,7	10,9	14,7	15,2	21,3		
Chrysen/Triphenylen		23,4	21,1	59,1	61,4	27,4		
Benzo(bjk)fluoranthener		29,2	35,9	10,4	10,8	36,6		
Benzo(e)pyren		6,5	6,4	108,7	113,0	10,8		
Benzo(a)pyren		32,6	28,9	130,1	135,2	16,4		
Perylen		29,6	33,4	231,9	241,0	15,3		
Indeno(123cd)pyren		25,0	4,9	16,5	17,2	37,3		
Benzo(ghi)perylen		37,1	2,4	10,3	10,7	23,6		
Dibenzo(ah)anthracen		4,9	4,9	4,7	4,9	19,3		
<i>Sum PAH</i>		1259	815	1522	1694	770		

¹Samtlige data for de enkelte år er geometriske middelværdier af op til individuelle prøver. N/A: data ikke tilgængelige.

Tabel B18. PAH indhold¹ i muslinger fra station MSS3, Nibe Bredning (Limfjorden), 1999-2005.

Lokalitet Station	Nibe Bredning (Limfjorden)							
	MSS3							
År	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Specie	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling
Konc.	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)
Naphthalen		45,7	35,0		63,2		42,9	24,2
C1-Naphthalener		108,3	49,1		120,9		24,1	17,7
C2-Naphthalener		103,0	49,7		126,3		44,7	26,2
C3-Naphthalener		76,7	34,7		63,6		31,6	23,4
Acenaphthylen		8,7	26,5		1,6		1,6	1,4
Acenaphthen		0,9	1,9		11,0		7,9	N/A
Fluoren		19,9	14,9		49,5		20,6	38,4
Dibenzothiophen		6,3	5,0		10,6		7,6	5,0
C1-Dibenzothiophener		N/A	28,3		30,7		20,5	14,2
Phenanthren		103,9	92,3		134,5		98,2	66,5
C1-Phenathrener		N/A	20,1		89,1		77,1	39,1
C2-Phenathrener		N/A	N/A		67,1		65,4	32,4
C3-Phenathrener		N/A	5,2		9,2		10,9	3,3
Anthracen		5,1	5,9		2,3		2,0	5,5
Benzo(a)fluoren		N/A	2,5		13,8		8,1	44,3
Fluoranthren		85,4	57,3		80,3		97,8	7,9
Pyren		46,9	39,5		56,3		71,9	25,4
Benzo(a)anthracen		15,7	9,1		12,3		15,0	6,7
Chrysen/Triphenylen		17,9	26,1		28,9		31,4	17,6
Benzo(bjk)fluoranthener		48,5	16,5		19,1		20,4	9,2
Benzo(e)pyren		5,8	5,1		8,3		7,8	3,7
Benzo(a)pyren		14,3	16,2		13,1		11,8	3,0
Perylen		58,7	23,3		4,0		23,4	N/A
Indeno(123cd)pyren		3,2	2,9		3,3		4,2	2,7
Benzo(ghi)perylen		4,3	1,5		4,3		6,4	1,3
Dibenzo(ah)anthracen		3,2	2,9		3,3		4,2	2,7
<i>Sum PAH</i>		<i>783</i>	<i>572</i>		<i>1027</i>		<i>758</i>	<i>422</i>

¹Samtlige data for de enkelte år er geometriske middelværdier af op til individuelle prøver. N/A: data ikke tilgængelige.

Tabel B19. PAH indhold¹ i muslinger² fra station RFMS1, Lyngvig (Ringkøbing Fjord), 1999-2005.

Lokalitet Station	Lyngvig (Ringkøbing Fjord)							
	RFMS1							
År	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Specie	sandmus- ling	sandmus- ling	sandmus- ling	sandmus- ling	sandmus- ling	sandmus- ling	sandmus- ling	sandmus- ling
Konc.	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)
Naphthalen		47,3	56,1		95,1	26,1	38,5	N/A
C1-Naphthalener		139,7	82,3		166,5	25,9	30,8	N/A
C2-Naphthalener		250,4	141,0		135,1	49,2	40,5	N/A
C3-Naphthalener		118,2	52,7		91,5	39,1	30,0	N/A
Acenaphthylen		4,6	22,7		N/A	3,7	N/A	1,4
Acenaphthen		7,0	2,8		N/A	10,2	15,2	N/A
Fluoren		22,0	13,3		21,7	18,8	17,3	59,4
Dibenzothiophen		12,9	6,6		9,9	10,0	2,6	10,2
C1-Dibenzothiophener		257,7	42,8		34,7	30,1	18,0	37,6
Phenanthren		119,5	94,6		101,3	89,6	48,2	96,7
C1-Phenathrener		291,3	21,7		58,1	82,0	38,4	76,6
C2-Phenathrener		N/A	N/A		73,9	65,2	32,2	64,1
C3-Phenathrener		N/A	6,9		N/A	4,0	2,5	4,0
Anthracen		3,4	7,4		2,0	7,1	1,4	0,8
Benzo(a)fluoren		81,6	2,3		6,5	2,4	3,5	7,3
Fluoranthren		37,1	67,2		145,3	144,1	60,4	65,6
Pyren		48,6	44,3		89,7	84,8	47,0	42,2
Benzo(a)anthracen		14,0	6,2		8,7	12,1	7,9	7,3
Chrysen/Triphenylen		73,9	21,8		20,1	26,2	20,0	22,4
Ben- zo(bjk)fluoranthener		60,7	23,8		17,2	28,3	27,5	26,4
Benzo(e)pyren		29,9	11,5		11,3	15,1	12,9	11,4
Benzo(a)pyren		13,9	19,4		4,1	25,0	17,6	5,0
Perylen		18,4	39,7		14,5	17,6	38,8	N/A
Indeno(123cd)pyren		18,7	3,9		6,0	12,7	14,0	7,7
Benzo(ghi)perylen		18,3	1,9		8,3	14,2	13,6	13,2
Dibenzo(ah)anthracen		4,0	3,9		3,5	10,1	3,5	3,1
<i>Sum PAH</i>		<i>1693</i>	<i>797</i>		<i>1125</i>	<i>853</i>	<i>582</i>	<i>562</i>

¹Samtlige data for de enkelte år er geometriske middelværdier af op til individuelle prøver. ²Sandmuslinger. N/A: data ikke tilgængelige.

Tabel B20. PAH indhold¹ i muslinger fra station M2, Roholm (Odense Fjord), 1999-2004.

Lokalitet	Roholm (Odense Fjord)							
	M2							
Station								
År	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Specie	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling
Konc.	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)
Naphthalen		35,2	23,3	22,5	52,1	20,4	32,0	
C1-Naphthalener		102,6	22,2	45,4	45,0	29,7	10,9	
C2-Naphthalener		168,1	39,3	107,6	88,6	58,7	10,8	
C3-Naphthalener		161,9	22,2	20,2	37,3	70,3	9,1	
Acenaphthylen		119,6	9,8	2,7	1,9	3,6	1,8	
Acenaphthen		2,1	1,4	2,2	15,6	10,8	4,2	
Fluoren		15,6	8,7	12,5	71,7	22,8	10,2	
Dibenzothiophen		85,2	1,4	2,0	13,4	2,0	3,7	
C1-Dibenzothiophener		N/A	32,3	1,5	46,8	14,4	15,6	
Phenanthren		9,7	41,1	60,5	172,5	39,3	82,3	
C1-Phenathrener		N/A	6,4	N/A	121,1	78,9	54,0	
C2-Phenathrener		N/A	N/A	N/A	101,1	72,5	48,2	
C3-Phenathrener		N/A	1,3	1,5	9,3	5,7	2,7	
Anthracen		0,9	4,6	5,5	4,5	0,9	3,1	
Benzo(a)fluoren		4,1	1,8	47,1	11,4	1,9	6,7	
Fluoranthen		45,5	39,3	80,0	104,7	53,4	81,5	
Pyren		28,4	28,4	23,7	85,0	36,1	57,5	
Benzo(a)anthracen		16,5	4,2	20,8	18,1	14,2	16,1	
Chrysen/Triphenylen		42,8	19,8	33,8	28,8	29,7	34,4	
Benzo(bjk)fluoranthener		55,2	12,3	61,3	30,9	31,2	44,1	
Benzo(e)pyren		13,1	4,0	5,4	12,1	13,0	15,0	
Benzo(a)pyren		13,5	14,1	18,0	23,5	23,8	16,1	
Perylen		16,9	17,4	4,9	5,6	7,1	7,6	
Indeno(123cd)pyren		N/A	3,8	9,5	5,4	12,0	11,4	
Benzo(ghi)perylen		N/A	4,3	1,9	4,9	7,5	9,7	
Dibenzo(ah)anthracen		N/A	2,6	N/A	7,9	22,7	6,4	
<i>Sum PAH</i>		<i>937</i>	<i>366</i>	<i>590</i>	<i>1119</i>	<i>683</i>	<i>595</i>	

¹Samtlige data for de enkelte år er geometriske middelværdier af op til individuelle prøver. N/A: data ikke tilgængelige.

Tabel B21. PAH indhold¹ i muslinger fra station 60, Roskilde Bredning (Roskilde Fjord), 1999-2004.

Lokalitet Station	Roskilde Bredning (Roskilde Fjord)							
	60							
År	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Specie	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling
Konc.	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)
Naphthalen		77,6	30,5	33,0	55,0	42,3	38,2	
C1-Naphthalener		N/A	42,3	34,6	43,3	34,8	44,0	
C2-Naphthalener		770,5	37,0	48,4	76,8	64,7	87,4	
C3-Naphthalener		576,3	17,6	20,3	21,1	72,0	90,6	
Acenaphthylen		177,0	5,6	24,0	8,3	1,5	N/A	
Acenaphthen		7,1	1,5	2,3	3,1	2,1	26,7	
Fluoren		26,5	10,7	11,8	26,4	38,7	17,9	
Dibenzothiophen		9,6	1,4	3,4	9,8	11,1	5,1	
C1-Dibenzothiophener		N/A	23,2	5,8	38,7	32,1	23,8	
Phenanthren		177,8	64,6	64,1	171,5	121,4	107,5	
C1-Phenathrener		N/A	21,7	N/A	109,3	100,3	82,2	
C2-Phenathrener		N/A	N/A	N/A	105,4	96,4	48,3	
C3-Phenathrener		N/A	7,7	1,6	N/A	5,7	4,3	
Anthracen		7,2	4,0	2,9	15,8	9,9	3,4	
Benzo(a)fluoren		N/A	4,7	7,1	3,1	5,1	7,5	
Fluoranthren		201,3	76,7	51,1	183,0	138,0	133,0	
Pyren		99,8	55,8	44,0	93,6	137,0	87,2	
Benzo(a)anthracen		9,2	10,3	14,0	77,3	26,3	19,6	
Chrysen/Triphenylen		87,5	40,3	16,5	89,0	42,4	32,0	
Benzo(bjk)fluoranthener		53,9	37,5	28,2	80,9	47,8	47,8	
Benzo(e)pyren		7,4	13,4	17,9	34,4	26,1	17,3	
Benzo(a)pyren		12,6	29,6	26,4	31,3	22,1	21,3	
Perylen		29,6	23,0	13,3	15,7	8,0	7,6	
Indeno(123cd)pyren		33,0	9,9	24,7	12,7	35,8	14,7	
Benzo(ghi)perylen		3,1	8,1	4,9	2,5	21,4	12,5	
Dibenzo(ah)anthracen		6,3	4,3	N/A	5,0	33,9	3,7	
<i>Sum PAH</i>		2373	582	500	1313	1177	984	

¹Samtlige data for de enkelte år er geometriske middelværdier af op til individuelle prøver. N/A: data ikke tilgængelige.

Tabel B22. PAH indhold¹ i muslinger fra station 65, Ølsted Grund (Roskilde Fjord), 1999-2004.

Lokalitet	Ølsted Grund (Roskilde Fjord)							
Station	65							
År	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Specie	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling	blåmusling
Konc.	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)	(µg/kg ts)
Naphthalen		37,2	19,1	74,9	47,9	24,7	28,2	
C1-Naphthalener		63,6	24,2	75,0	38,4	20,7	32,6	
C2-Naphthalener		165,5	40,6	154,5	60,9	35,5	64,3	
C3-Naphthalener		127,5	16,0	49,5	14,6	44,1	66,8	
Acenaphthylen		22,1	10,2	54,8	12,6	0,4	N/A	
Acenaphthen		3,7	0,6	3,7	3,1	0,5	20,3	
Fluoren		15,1	8,8	23,2	16,4	29,2	16,6	
Dibenzothiophen		7,5	1,5	4,8	3,5	5,3	1,7	
C1-Dibenzothiophener		N/A	20,2	77,5	206,0	19,9	14,1	
Phenanthren		85,5	44,5	92,8	81,5	70,4	37,9	
C1-Phenathrener		N/A	2,4	N/A	89,8	53,5	34,6	
C2-Phenathrener		N/A	N/A	N/A	63,5	61,6	27,9	
C3-Phenathrener		N/A	4,7	2,7	N/A	6,9	4,1	
Anthracen		4,1	2,1	3,9	8,9	5,3	1,4	
Benzo(a)fluoren		N/A	10,3	32,1	14,5	2,8	3,5	
Fluoranthren		55,7	48,5	79,8	79,7	105,6	48,3	
Pyren		37,2	32,0	75,1	34,6	86,5	37,2	
Benzo(a)anthracen		11,5	3,3	17,4	54,5	15,2	8,9	
Chrysen/Triphenylen		18,1	14,8	23,3	52,6	24,0	14,6	
Benzo(bjk)fluoranthener		1,5	7,6	23,8	60,3	21,6	23,4	
Benzo(e)pyren		6,3	4,4	16,4	59,0	9,7	10,5	
Benzo(a)pyren		2,6	9,2	21,5	20,1	9,6	13,6	
Perylen		18,1	7,4	17,5	15,9	10,9	7,2	
Indeno(123cd)pyren		N/A	4,7	16,6	4,6	18,6	8,1	
Benzo(ghi)perylen		1,5	3,7	5,0	1,7	11,0	6,9	
Dibenzo(ah)anthracen		7,6	2,6	N/A	3,4	16,5	2,8	
<i>Sum PAH</i>		692	343	946	1048	710	535	

¹Samtlige data for de enkelte år er geometriske middelværdier af op til individuelle prøver. N/A: data ikke tilgængelige.

DMU Danmarks Miljøundersøgelser

Danmarks Miljøundersøgelser er en del af Aarhus Universitet. På DMU's hjemmeside www.dmu.dk finder du beskrivelser af DMU's aktuelle forsknings- og udviklingsprojekter.

DMU's opgaver omfatter forskning, overvågning og faglig rådgivning inden for natur og miljø. Her kan du også finde en database over alle publikationer som DMU's medarbejdere har publiceret, dvs. videnskabelige artikler, rapporter, konferencebidrag og populærfaglige artikler.

Yderligere information: www.dmu.dk

Danmarks Miljøundersøgelser
Frederiksborgvej 399
Postboks 358
4000 Roskilde
Tlf.: 4630 1200
Fax: 4630 1114

Direktion
Personale- og Økonomisekretariat
Forsknings-, Overvågnings- og Rådgivningssekretariat
Afdeling for Systemanalyse
Afdeling for Atmosfærisk Miljø
Afdeling for Marin Økologi
Afdeling for Miljøkemi og Mikrobiologi
Afdeling for Arktisk Miljø

Danmarks Miljøundersøgelser
Vejlsovej 25
Postboks 314
8600 Silkeborg
Tlf.: 8920 1400
Fax: 8920 1414

Forsknings-, Overvågnings- og Rådgivningssekretariat
Afdeling for Marin Økologi
Afdeling for Terrestrisk Økologi
Afdeling for Ferskvandsøkologi

Danmarks Miljøundersøgelser
Grenåvej 14, Kalø
8410 Rønde
Tlf.: 8920 1700
Fax: 8920 1514

Afdeling for Vildtbiologi og Biodiversitet

Faglige rapporter fra DMU

På DMU's hjemmeside, www.dmu.dk/Udgivelser/, finder du alle faglige rapporter fra DMU sammen med andre DMU-publikationer. Alle nyere rapporter kan gratis downloades i elektronisk format (pdf).

Nr./No.	2006
600	Assessing Potential Causes for the Population Decline of European Brown Hare in the Agricultural Landscape of Europe – a review of the current knowledge. By Olesen, C.R. & Asferg, T. 30 pp.
599	Beregning af naturtilstand ved brug af simple indikatorer. Af Fredshavn, J.R. & Ejrnæs, R. 93 s.
598	Klimabetingede effekter på marine økosystemer. Af Hansen, J.L.S. & Bendtsen, J. 50 s.
597	Vandmiljø og Natur 2005. Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning. Af Boutrup, S. et al. 50 s.
596	Terrestriske Naturtyper 2005. NOVANA. Af Bruus, M. et al. 99 s.
595	Atmosfærisk deposition 2005. NOVANA. Af Ellermann, T. et al. 64 s.
594	Landovervågningsoplade 2005. NOVANA. Af Grant, R. et al. 114 s.
593	Smådyrfaunaens passage ved dambrugsspærringer. Af Skriver, J. & Friberg, N. 33 s.
592	Modelling Cost-Efficient Reduction of Nutrient Loads to the Baltic Sea. Model Specification Data, and Cost-Fnctions. By Schou, J.S. et al. 67 pp.
591	Økonomiske konsekvenser for landbruget ved ændring af miljøgodkendelsen af husdyrbrug. Rapport fra økonomiudredningsgruppen. Af Schou, J.S. & Martinsen, L. 55 s.
590	Fysisk kvalitet i vandløb. Test af to danske indices og udvikling af et nationalt indeks til brug ved overvågning i vandløb. Af Pedersen, M.L. et al. 44 s.
589	Denmark's National Inventory Report – Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change, 1990-2004. Emission Inventories. By Illerup, J.B. et al. 554 pp.
588	Agerhøns i jagtsæsonen 2003/04 – en spørgebrevundersøgelse vedrørende forekomst, udsætning, afskydning og biotoppleje. Af Asferg, T., Odderskær, P. & Berthelsen, J.P. 47 s.
587	Målinger af fordampning af pesticider fra jord og planter efter sprøjtning. Af Andersen, H.V. et al. 96 s.
586	Vurdering af de samfundsøkonomiske konsekvenser af Kommissionens temastrategi for luftforurening. Af Bach, H. et al. 88 s.
585	Miljøfremmede stoffer og tungmetaller i vandmiljøet. Tilstand og udvikling, 1998-2003. Af Boutrup, S. et al. 140 s.
584	The Danish Air Quality Monitoring Programme. Annual Summary for 2005. By Kemp, K. et al. 40 pp.
583	Naturgenopretning af søerne i Vejlerne – en vurdering af effekterne på yngle- og trækfugle. Af Clausen, P., Holm, T.E. & Kjeldsen, J.P. 122 s.
582	Arter 2004-2005. NOVANA. Af Søgaard, B., Pihl, S. & Wind, P. 145 s.
581	Physical and biological oceanography in West Greenland waters with emphasis on shrimp and fish larvae distribution. By Søderkvist, J., Nielsen, T.G. & Jespersen, M. 54 pp.
580	Habitatmodellering i Ledreborg Å. Effekt af reduceret vandføring på ørred. Af Clausen, B. et al. 58 s.
579	Aquatic and Terrestrial Environment 2004. State and trends – technical summary. By Andersen, J.M. et al. 136 pp.
578	Limfjorden i 100 år. Klima, hydrografi, næringsstofflørsel, bundfauna og fisk i Limfjorden fra 1897 til 2003. Af Christiansen, T. et al. 85 s.
577	Limfjordens miljøtilstand 1985 til 2003. Empiriske modeller for sammenhæng til næringsstofflørsler, klima og hydrografi. Af Markager, S., Storm, L.M. & Stedmon, C.A. 219 s.
576	Overvågning af Vandmiljøplan II – Vådområder 2005. Af Hoffmann, C.C. et al. 127 s.
575	Miljøkonsekvenser ved afbrænding af husdyrgødning med sigte på energiudnyttelse. Scenarieanalyse for et udvalgt opland. Af Schou, J.S. et al. 42 s.
574	Økologisk Risikovurdering af Genmodificerede Planter i 2005. Rapport over behandlede forsøgsudsætninger og markedsføringssager. Af Kjellsson, G., Damgaard, C. & Strandberg, M. 22 s.
573	Monitoring and Assessment in the Wadden Sea. Proceedings from the 11. Scientific Wadden Sea Symposium, Esbjerg, Denmark, 4.-8. April 2005. By Laursen, K. (ed.) 141 pp.
572	Søerne i De Vestlige Vejler. Af Søndergaard, M. et al. 55 s.

Data fra NOVA/NOVANA overvågningsprogrammerne vedrørende PAH indhold i muslinger er kompileret for perioden 1998-2005 for 22 stationer i de indre danske farvande. Ud fra disse data er fordeling og niveauer af PAH ved de enkelte stationer undersøgt, ligesom den tidlige udvikling af PAH indholdet for perioden er beregnet. Desuden er der ud fra beregnede forhold mellem udvalgte PAH isomerer foretaget en vurdering af de mulige kilder (petrogene-pyrogene) til PAH belastningen af det marine miljø. Endelig er der foretaget en vurdering af den samlede PAH eksponering ud fra økotoxikologiske og humantoksikologiske kriterier.