



MILFORD HAVEN WATERWAY
ENVIRONMENTAL SURVEILLANCE GROUP

GRŴP CADW GOLWG AMGYLCHEDDOL
AR DDYFRFFORDD ABERDAUGLEDDAU

SEDIMENT CONTAMINANTS & TRANSPORT REVIEW

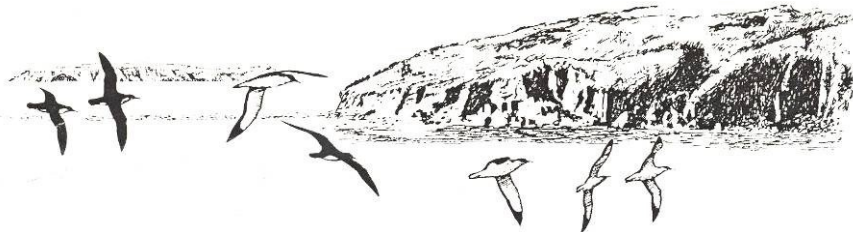
**Final Report to
Milford Haven Waterway
Environmental Surveillance Group**

**June 2009
David I. Little**

david.i.little@btinternet.com

28 School Lane
Swavesey
Cambridgeshire
CB24 4RL
United Kingdom

Tel: +44 (0)1954 230654
Mob: +44 (0)7977 995287
David I. Little (MA PhD) Ltd
Company No. 6125012
VAT Reg. No. 904120085



**Milford Haven Waterway Environmental Surveillance Group
SEDIMENT CONTAMINANTS AND TRANSPORT REVIEW**

EXECUTIVE SUMMARY

David I. Little

June 2009

The review has found that over the long history of sediment quality monitoring in the Milford Haven waterway, different analytical methods for both hydrocarbons and heavy metals inevitably have been used at different times, resulting from the various broad phases and leadership of surveys, especially those before and since the *Sea Empress* incident in 1996. Regrettably, this has led to the partial or total incomparability of many contaminant datasets in the long-term. As a result, defensible, quantitative comparisons of changes through time were made in the present review on the strict basis of their wide spatial distribution and *t*-test significance level. These comparisons were often made on transformed data and were only made between pairs of surveys with similar coverage and methods (1980s and separately again in the 1990s). Except for between the years 1982-1984 no valid comparisons of sediment metals data through time are made. The significant changes are shown below for zinc, chromium, copper, nickel and vanadium along with the more frequent and significant ($p < 0.001$, unless shown otherwise) changes in oil content (ALI=aliphatic hydrocarbons, ARO=aromatic hydrocarbons, THC=total hydrocarbons by gravimetry, and TPH=total petroleum hydrocarbons by ultra-violet fluorescent spectroscopy):

Years	Location	Increase in means	Decrease in means
1978-1982	Pembroke River	-	-
1978-1982	Jetty area	ALI	-
1982-1984	Pembroke River	Zn, Cr	ALI, THC, Cu, Ni
1982-1984	Jetty area	Cr	ALI, THC, V, Cu
1984-1989	Daugleddau	ARO ($p < 0.005$ THC)	-
1993-1996	Lower waterway	-	-
1993-1996	Whole waterway	-	-
1996-1997	Lower waterway	-	($p < 0.005$ TPH)

Notwithstanding these problems, no major qualitative changes were noted in the status of contaminants between these two decades, or since, and the estuarine sediments appear to have substantially recovered from the few major oil spills the waterway has suffered. Unlike the *El Omar* aromatics in the Daugleddau (above) the *Sea Empress* resulted in no statistically-significant changes in seabed THC or total PAH throughout the waterway. Although difficult to find because of the overwhelming pyrogenic fingerprints, new work as part of this review has shown that low concentrations of crude oil may indeed have been present in the lower estuary until at least October 1996 at stations aligned from the lower estuary and Angle Bay up the flood-tide transport path to Wear Point. If verifiable, this is encouraging because it confirms earlier sediment transport findings and suggests that contaminants are for the most part dispersed, weathered or sequestered in fine sediment areas, and this helps explain the low level of biological impacts. It is in itself also interesting because the dramatic improvements

in pollution source control and hence the reduced effluent loadings arguably should be reflected in dramatically reduced sediment contamination since the peak of the 1980s. Average trace metals content of the integrated sediment samples taken as part of MCEU dredging control between the grouped years 1984-1992 and 1993-2006 show significant reductions from 36% (Ni), 50% (Zn), 62% (Pb), and 67% (Cu), up to 85% (Hg).

Due to salinity changes causing increased flocculation from SPM the contaminants gravitate to sedimentary sinks, and so sediment transport processes appear to effectively trap and episodically recycle a proportion of the pollutants. Although not enough has been done on sediment contaminants other than oil and metals, recent CCW data suggest that similar trapping has occurred, at least for the hydrophobic substances, in the mid-upper flats of the inner estuary and tributary pills. In the light of the above working hypotheses on contaminant fate, behaviour and effects, it is recommended that:

- Stored sediment samples (15 intertidal stations) from the CCW contaminant survey of 2007 should be forensically re-analysed for hydrocarbon and selected other compounds at the same time as the analysis of the three remaining archived Forties blend cargo and HFO bunker samples from the *Sea Empress* in 1996. Forensic analyses using PAH and biomarkers should also be simultaneously performed on a careful selection of other current and historical candidate hydrocarbon sources in Milford Haven waterway (e.g. Middle East crudes such as Kuwait used in the port as part of the refineries' earlier feedstocks, and light Iranian as spilled by *El Omar* in 1988, Daugleddau anthracite coal, sewage sludge, selected effluent samples, urban runoff, airborne particulates, etc.)
- In the next major MHWESG survey of sediment hydrocarbons in Milford Haven, a repeat of *both* THC (by gravimetry) and TPH (by UVF) should be made on matched pairs of sub-samples at *all* of the limited number (~25) of stations planned. This is in order to update definitively the long-term trends in contaminant status since the 1980s and 1990s respectively, and will not need to be done on each routine sampling occasion in future, when fully accredited methods would be used alone. Selected samples should be retained for possible further PAH analysis by GC-MS
- In the next major MHWESG survey of sediment major and trace elements in Milford Haven, a repeat of *both* total metals (by HF digestion/ICP) and available metals (by *Aqua regia* extraction/AAS) should be made on matched pairs of sub-samples at *all* of the limited number (25-50) of stations planned. This is to update the long-term trends in contaminant status since the 1980s and 1990s respectively, and will not need to be done on each routine sampling occasion in future, when only accredited methods are to be used
- A repeat of the July 1986 dated core studies should be made at the same depositional sites of fine sediment (i.e. 'sinks') as before (Daugleddau, Jetty area, Pembroke River), possibly supplemented by one or more of Cosheston Pill, Carew/Cresswell Rivers or Garron Pill. Work should include radionuclides (post-Chernobyl), oil and metals in 10-15 successive core sections of 1-2 cm thickness as before, but this time supplemented by a *full* suite of PAH including alkyl homologues. Also PCBs and chlorinated pesticides by GLC-ECD, coal residues by CHN analyser, TBT, and Pb

isotopic analyses should be included. The latter substances have not been monitored extensively in Milford Haven sediments, and are hopefully now primarily of historical interest. Hence the recommendation only to analyse them in the proposed dated core study, where their first appearance, presence and decline through time in the cores will give further datum points in the chronologies of the waterway's contaminants in relation to catchment inputs.

The state of knowledge of sediment transport in Milford Haven is not as advanced as that in some other adjacent systems, for example the Bristol Channel/Severn estuary and the Irish and Celtic Seas. However, the then novel sediment trend analysis (STA) work that has been done is generally consistent with the:

- Statistical residuals from univariate and multiple regression models of numerous contaminants and sediment parameters - all these tests were performed using the fully-interpreted 1980s surveys of grain size, hydrocarbons and metals. (section 2)
- Pollutant chronologies in radionuclide-dated sediment cores taken in the potential sediment sinks first predicted by analysis of the above regression residuals (section 3)
- Field observations of tidal streams (e.g. ebb/flood separation) and models of seabed wave-induced orbital velocity (section 7)
- In addition, historic and ongoing ecological and engineering changes in estuarine morphology have been shown to have substantial possible effects on the balance between erosion, transport and deposition in particular affecting fine sediment behaviour:
 - ✓ Dredging 'disturbance' – 5 million m³ disposed at LU170 since the dredging of berths first began, and from 1996 0.5 million m³ at LU168/169, removing mud that potentially returns (in part), or attracting new mud to dredged berthing slots
 - ✓ Reclamation/impoundment 'losses' – 1.605 km² mostly for Pembroke power station, Pembroke dockyard, Carew and Pembroke millponds, Mullock Bridge/Gann, Neyland marina and Waterloo waste disposal, permanently burying mud
 - ✓ Historic quarrying 'gains' – 0.426 km² mostly at West Williamston, Garron and Landshipping Pills, and Uzmaston, potentially trapping mud in new tidal flats
 - ✓ *Spartina townsendii* arrival and spread in mid-20th century, 'die-back' accelerating between 1982 and 2002 – 1 km² mostly E. Cleddau (37% decline) and Carew/Cresswell (20% decline), releasing mud from tidal flats

Although some data were reported in biological monitoring studies by OPRU, or published in peer-reviewed publications at the time, much of the information has not been fully summarised before in MHWESG reviews, partly because it was carried out during various studentships. Above all, routine and special studies of grain size and contaminants were broadly confirmed in 1987 by sediment trends analysis, which has subsequently also been verified in the Bristol Channel/Severn estuary and elsewhere. The fundamental STA method has not changed, although MHWESG may wish to compare the long-term STA predictions with specific sediment transport modelling using for example MIKE-21. Nothing in the subsequent Milford Haven survey data reviewed for MHWESG has fundamentally challenged the 1980s findings concerning sediment and contaminant transport. However, by now of

course the contaminant loading of the estuary should have recovered from acute spills and the chronic inputs from industry and municipalities that were less regulated in the comparatively recent past.

All or most stations selected for contaminant monitoring should be located in what are thought to be relatively fine-grained sediment areas, because elsewhere interpretation of the contaminant results will be confounded by coarse grain sizes, extremely poor sediment sorting, strong tidal streams and other disturbances and variations in sedimentation rate (including the absence of sedimentation). It is therefore recommended that in addition to the above-mentioned and ‘once-only’ dated core study, repeats of the 2007 CCW survey are made especially in the following sedimentary sink areas. These should be used by MHWESG for routine contaminant surveillance in future. Between 3 and 6 stations should be established in each selected area, and 3 replicate grabs sampled (one to be archived) to 5-10 cm depths:

- Daugleddau (e.g. Picton Point to Hook Reach)
- Jetty area (e.g. Former Esso Jetty to ChevronTexaco/Newton Noyes)
- Pembroke River
- Cosheston Pill
- Carew/Cresswell Rivers
- Garron Pill

The sinks are not necessarily of particular sediment infauna monitoring interest, although the tributary pills are of course important for fringing marshes, wintering wildfowl, breeding shelduck and passage waders, and are of great scenic and historic value. With the exception of the Jetty area, the above-listed areas are mainly intertidal, and so in addition to them it would be advisable to include a small number of subtidal stations arranged axially along the waterway. Station locations should be as far as possible determined based on previous sampling stations (OPRU, EA, MHWESG, etc). It is recommended that the same stations as suggested by Warwick (2006) are occupied, preferably at the same time intervals.

The attempts in the present review to reconstruct the broader, landscape-scale knowledge from sediment facies and biotope mapping, historical mapping, satellite imagery and aerial photography, coring and trenching photography - all done at different times with differing aims - have only been partially successful in the intertidal zone and have hardly been achieved at all in the subtidal zone. This is because of the diversity and patchiness of the mosaic of sediments in the waterway. Nevertheless, the landscape-scale habitat information remains vital to management of the waterway, and should be compiled into a MHWESG GIS, along with discrete point sediment data.

Before deciding on anything more than ‘shadowing’ the periodic benthic fauna monitoring programme, as mentioned above, it is thus recommended that a broad-scale survey be undertaken of the entire waterway using sediment profile imaging (i.e. REMOTS[®]). This is a non-invasive, rapid method of assessing the condition of benthic biotopes, involving minimal laboratory work-up. The value cannot be over-stated of obtaining a synoptic view of the sediment mosaic of the entire estuary before MHWESG settles on a surveillance programme involving only a very limited number of sites.

**Grŵp Goruchwyllo Amgylcheddol Dyfrffordd Aberdaugleddau
(MHWESG)
ADOLYGIAD O HALOGION A CHLUDIANT GWADDODION**

CRYNODEB GWEITHREDOL

David I. Little

Mehefin 2009

Canfu'r adolygiad bod gwahanol ddulliau dadansoddi wedi eu defnyddio ar gyfer hydrocarbonau a metelau trwm ar wahanol adegau yn ystod yr hanes maith o fonitro gwaddodion yn Nyfrffordd Aberdaugleddau, o ganlyniad anochel i wahanol fras-gyfnodau ac arweinyddiaeth yr arolygon, yn enwedig y rheini cyn ac ar ôl digwyddiad y *Sea Empress* ym 1996. Yn anffodus, mae hyn wedi gwneud llawer o'r setiau data halogion yn anghymaradwy, yn rhannol neu'n gyfan gwbl, yn y tymor hir. O ganlyniad, yn yr adolygiad presennol, gwnaed cymariaethau meintiol, amddiffynadwy dros amser, a hynny yn fanwl gaeth ar sail eu dosbarthiad gofodol eang a'u lefel arwyddocâd prawf-*t*. Gwnaed y cymariaethau hyn yn aml ar ddata a drawsffurfwyd, ac yn unig rhwng parau o arolygon cyffelyb o ran eu cwmpas a'u dulliau (y 1980au a thrachefn, ar wahân, yn y 1990au). Ac eithrio'r cymariaethau rhwng y blynyddoedd 1982-1984, ni wneir unrhyw gymariaethau dilys dros amser o ddata ar fetelau mewn gwaddodion. Dangosir isod y newidiadau arwyddocaol ar gyfer sinc, cromiwm, copr, nicel a fanadiwm, ynghyd â'r newidiadau amlach a mwy arwyddocaol (($p < 0.001$, oni ddangosir yn wahanol) yn y cynnwys olew (ALI= hydrocarbonau aliffatig, ARO= hydrocarbonau aromatig, THC= cyfanswm hydrocarbonau yn ôl grafimetreg, a TPH= cyfanswm hydrocarbonau petrolewm yn ôl sbectrosgopeg fflworoleuedd uwchfioled):

Blynyddoedd	Lleoliad	Cynnydd mewn cymedrau	Lleihad mewn cymedrau
1978-1982	Afon Penfro	-	-
1978-1982	Cyffiniau'r glanfeydd	ALI	-
1982-1984	Afon Penfro	Zn, Cr	ALI, THC, Cu, Ni
1982-1984	Cyffiniau'r glanfeydd	Cr	ALI, THC, V, Cu
1984-1989	Daugleddau	ARO ($p < 0.005$ THC)	-
1993-1996	Y ddyfrffordd isaf	-	-
1993-1996	Y ddyfrffordd gyfan	-	-
1996-1997	Y ddyfrffordd isaf	-	($p < 0.005$ TPH)

Er gwaethaf y problemau hyn, ni chanfuwyd unrhyw newidiadau ansoddol mawr yn statws yr halogion, rhwng y ddau ddegawd uchod nac wedyn, ac y mae'n ymddangos bod y gwaddodion aberol wedi ymadfer i raddau sylweddol ar ôl y nifer fach o orlifiadau olew mawr yn y ddyfrffordd. Yn wahanol i aromatigion yr El Omar yn afon Daugleddau (uchod) nid achosodd y *Sea Empress* unrhyw newidiadau arwyddocaol yng nghyfanswm yr hydrocarbonau THC ar wely'r môr, nac yng nghyfanswm y PAH¹ drwy'r cyfan o'r ddyfrffordd. Er ei bod yn anodd dod o hyd iddynt oherwydd y nifer llethol o 'olion bysedd' pyrogenig sy'n

¹ PAH (polycyclic aromatic hydrocarbons) = hydrocarbonau aromatig polysyclig

bresennol, dangosodd gwaith newydd a wnaed yn rhan o'r adolygiad hwn y gallai crynodiadau isel o olew crai fod wedi bod yn bresennol mewn gwirionedd yn y rhan isaf o'r aber tan o leiaf Hydref 1996, mewn gorsafoedd o ben isaf yr aber ac Angle Bay ar hyd llwyr cludiant y gorllanw hyd at Wear Point. Bydd yn galonddid os cadarnheir hyn, gan ei fod yn ategu canfyddiadau cynharach am gludiant y gwaddodion, ac yn awgrymu bod y rhan fwyaf o'r halogion yn cael eu gwasgaru, eu hindreulio, neu'n encilio i arwynebeddau o waddod mân, ac y mae hynny'n esbonio, yn rhannol, pam y bu'r effeithiau biolegol cyn lleied. Mae hyn yn ddiddorol hefyd er ei fwyn ei hunan, oherwydd gellir dadlau y dylai'r gwelliannau dramatig yn rheolaeth y ffynonellau llygredd, a'r lleihad canlyniadol yn y llwythiadau elifiant, gael eu hadlewyrchu bellach mewn gostyngiad dramatig yn lefel halogi'r gwaddodion, o gymharu â'r uchafbwynt a gyrhaeddwyd yn y 1980au. Mae'r cynhwysion cyfartalog o fetelau hybrin yn y samplau integredig o waddod a gymerwyd ar gyfer rheoli treillio gan Uned yr Amgylchedd a Chaniatadau Morol (MCEU), rhwng y blynyddoedd cyfunedig 1984-1992 a 1993-2006 yn dangos gostyngiadau arwyddocaol o 40% (Ni), 49% (Zn), 65% (Pb), a 69% (Cu), hyd at 85% (Hg).

Oherwydd newidiadau mewn heliedd, sy'n achosi rhagor o glystyru yn y deunydd gronynnol mewn daliant, mae'r halogion yn ymsuddo i mewn i sinciau gwaddodol, ac felly mae'n ymddangos mai effaith y prosesau cludo gwaddod yw caethiwo ac, yn ysbeidiol, ailgylchu cyfran o'r halogion. Er nad oes digon o waith wedi ei wneud ar yr halogion heblaw olew a metelau mewn gwaddod, mae gwaith diweddar gan CCGC yn awgrymu bod caethiwo tebyg yn digwydd, o leiaf yn achos y sylweddau hydroffobig yng ngwastadeddau canol ac uchaf yr aber fewnol a'i hisafonydd (sef y "Pills"). Yng ngoleuni'r damcaniaethau gweithredol uchod ynglŷn â thynged, ymddygiad ac effeithiau'r halogion, argymhellir fel a ganlyn:

- Dylai'r samplau gwaddod a storiwyd (o 15 gorsaf rynglanwol) o'r arolwg halogion a wnaed gan CCGC yn 2007 gael eu hailddadansoddi yn fforensig o ran hydrocarbonau a detholiad o sylweddau eraill, yr un pryd ag y dadansoddir y tri sampl sy'n weddill yn yr archif, o'r cargo o 'Forties blend' a'r olew tanwydd trwm o'r bynker ar y Sea Empress ym 1996. Yn ogystal, dylid cynnal dadansoddiadau fforensig yr un pryd, gan ddefnyddio PAH a biofarwyr, ar ddetholiad gofalus o ffynonellau hydrocarbonau posibl eraill, cyfredol a hanesyddol, yn Nyfrffordd Aberdaugleddau (e.e. olewau crai o'r Dwyrain Canol, megis o Kuwait, a ddefnyddid yn y porthladd yn rhan o stoc crai blaenorol y purfeydd, neu olew crai ysgafn Iran o'r math a arllwyswyd gan yr El Omar ym 1988, glo caled Daugleddau, slwtsh carthion, samplau elifiant detholedig, dŵr ffo trefol, deunydd gronynnol o'r awyr, etc.)
- Yn yr arolwg mawr nesaf gan MHWESG o'r hydrocarbonau mewn gwaddodion yn Aberdaugleddau dylid ail-wneud y dadansoddiadau THC (yn ôl grafimetreg) yn ogystal â TPH (yn ôl UVF²) ar barau cyfatebol o is-samplau *ym mhob un* o'r nifer cyfyngedig (~25) o orsafoedd a gynllunnir. Gwneir hyn er mwyn cael diweddariad terfynol o'r tueddiadau hirdymor yn statws yr halogion er y 1980au ac er y 1990au, yn

² UVF (ultra violet fluorescence spectroscopy) = sbectrosgopeg fflworoleuedd uwchfioled

eu trefn; ac ni fydd angen ail-wneud hyn eto ar bob achlysur samplu rheolaidd yn y dyfodol, pan ddefnyddir un dull a fydd wedi ei achredu yn llawn, ar ei ben ei hunan. Dylid cadw samplau detholedig ar gyfer dadansoddiadau posibl pellach o'r PAH gan ddefnyddio GC-MS³.

- Yn yr arolwg mawr nesaf gan MHWESG o'r prif elfennau ac elfennau hybrin mewn gwaddodion yn Aberdaugleddau, dylid ail-wneud dadansoddiadau o'r cyfanswm metelau (drwy dreuliad HF⁴/ICP⁵) a hefyd o'r metelau sydd ar gael (drwy echdynnu ag *Aqua regia*/AAS⁶) ar barau o is-samplau cyfatebol ym *mhob un* o'r nifer cyfyngedig (25-50) o orsafoedd a gynllunnir. Gwneir hyn er mwyn cael diweddariad terfynol o'r tueddiadau hirdymor yn statws yr halogion ers y 1980au a'r 1990au, yn eu trefn; ac ni fydd angen ail-wneud hyn eto ar bob achlysur samplu rheolaidd yn y dyfodol, pan ddefnyddir dulliau achrededig yn unig.
- Dylid ail-wneud yr astudiaethau creiddiau dyddiedig a wnaed yng Ngorffennaf 1986, yn yr un safleoedd dyddodi gwaddod mân (h.y. 'sinciau') a ddefnyddiwyd o'r blaen (Daugleddau, Cyffiniau'r Glanfeydd, Afon Penfro), gan ychwanegu, o bosibl, un neu agor o Cosheston Pill, Afonydd Carew/Cresswell, neu Garron Pill. Dylai'r gwaith gynnwys y radioniwclidau (ôl-Chernobyl), yr olew a'r metelau mewn 10-15 o adrannau craidd olynol 1-2cm o drwch, fel o'r blaen, ond y tro hwn gyda'r gyfres *gyflawn* o PAH, gan gynnwys yr homologau alcyl. Dylid cynnwys hefyd biffenylau polychlorinedig gyda GLC-ECD⁷, gweddillion glo gyda dadansoddwr CHN, tun tribiwtyl (TBT), a dadansoddiadau isotopig o Pb. Nid yw'r sylweddau yn y rhestr hon wedi eu monitro'n eang yng ngwaddodion Aberdaugleddau, a gellir gobeithio bellach eu bod o ddiddordeb hanesyddol yn bennaf. Oherwydd hynny, argymhellir eu dadansoddi yn yr astudiaeth arfaethedig o greiddiau dyddiedig yn unig, lle y bydd eu hymddangosiad cyntaf, eu presenoldeb a'u dirywiad dros amser yn darparu pwyntiau datwm pellach yng nghronolegau halogion y ddyfrffordd o gymharu â'r mewnbynnau i'r dalgylch.

Nid yw cyflwr yr wybodaeth am gludiad gwaddodion yn Aberdaugleddau mor ddatblygedig â'r wybodaeth am rai systemau eraill cyfagos, er enghraifft, Môr/Aber Hafren, Môr Iwerddon a'r Môr Celtaidd. Fodd bynnag, mae'r gwaith, a oedd yn arloesol bryd hynny, a wnaed ar dadansoddi tueddiadau gwaddodi (STA) yn gyson â'r:

- Gweddillebau ystadegol o fodolau atchwel un-newidyn ac aml-newidyn o nifer fawr o'r halogion a pharamedrau gwaddodi - cyflawnwyd pob un o'r profion hyn gan ddefnyddio arolygon y 1980au, a oedd wedi eu dehongli'n llawn, o faint gronynnau, hydrocarbonau a metelau. (adran 2)

³ GC-MS (gas chromatography - mass spectrometry) = cromatograffeg nwy - sbectrometreg màs

⁴ HF = asid hydrofflorig

⁵ ICP (inductively coupled plasma [mass spectrometry]) = [sbectrometreg màs] plasma a gyplysisir yn anwythol

⁶ AAS (atomic absorption spectrophotometry) = sbectrometreg amsugniad atomig

⁷ GLC-ECD (gas liquid chromatography-electron capture detection) = cromatograffeg nwy hylif - canfod cipio electronau

- Cronolegau halogion mewn creiddiau o waddod a ddyddiwyd gan radioniwclidau ac a gymerwyd o'r sinciau gwaddod posibl, a ragfynegwyd yn gyntaf drwy ddadansoddi'r gweddillebau atchwel uchod (adran 3)
- Arsylwadau yn y maes ar y llifau llanw (e.e. gwahaniad llanw a thrai) a modelau o'r cyflymder orbitol a ysgogir gan donnau ar wely'r môr (adran 7)
- Yn ychwanegol, dangoswyd y gall newidiadau ecolegol a pheirianegol (hanesyddol a chyfoes) ym morffoleg yr aber ddylanwadu'n sylweddol ar y cydbwysedd rhwng erydu, cludo a dyddodi, gan effeithio'n benodol ar ymddygiad y gwaddodion mân:
 - ✓ 'Ymyrraeth' oherwydd treillio – 5 miliwn m³ i LU170 er pan ddechreuwyd clirio'r angorfeydd, a 0.5 miliwn m³ i LU168/169 er 1996, gan symud llaid sydd â photensial i ddychwelyd (yn rhannol), neu ddenu llaid newydd i'r angorfeydd a dreilliwyd
 - ✓ 'Colledion' oherwydd adfer tir/ creu cronfeydd – 1.605 km² yn bennaf ar gyfer gorsaf bŵer Penfro, iard longau Penfro, pyllau melin Carew a Phenfro, Pont Mullock /Gann, marina Neyland a chyfleuster gwaredu gwastraff Waterloo sy'n claddu llaid yn barhaol
 - ✓ 'Enillion' hanesyddol oherwydd chwarelyddiaeth – 0.426 km², yn bennaf yng Ngorllewin Williamston, Garron Pill a Landshipping Pill, ac Uzmaston, lle mae posibilrwydd y caiff llaid ei gaethiwo mewn gwastadeddau llanwol newydd
 - ✓ Dyfodiad a lledaeniad *Spartina townsendii* tua chanol yr ugeinfed ganrif, y 'gwywo' yn cyflymu rhwng 1982 a 2002 – 1 km² yn bennaf ar y Cleddau ddwyreiniol (dirywiad o 37%) a Carew/Cresswell (dirywiad o 20%), drwy ryddhau llaid o'r gwastadeddau llanwol

Er bod rhywfaint o'r data wedi ymddangos mewn astudiaethau monitro biolegol gan OPRU, neu mewn cyhoeddiadau a adolygwyd gan gymheiriaid ar y pryd, ni chafodd llawer o'r wybodaeth ei chrynhai yn ei chyfanrwydd cyn hyn yn adolygiadau MHWESG, yn rhannol oherwydd mai yn ystod gwahanol benodiadau ymchwil y casglwyd yr wybodaeth. Y pennaf peth yw fod yr astudiaethau rheolaidd ac arbennig o faint gronynnau a halogion wedi eu cadarnhau yn fras ym 1987, gan ddefnyddio dull o ddadansoddi tueddiadau gwaddodi (STA), sydd hefyd wedi ei wirio yn ddiweddarach, ym Môr/Aber Hafren ac mewn mannau eraill. Er nad yw'r dull STA sylfaenol wedi newid, hwyrach y bydd MHWESG yn dymuno cymharu'r rhagfynegiadau STA hirdymor gyferbyn â modelau cludo gwaddod penodol sy'n defnyddio, er enghraifft, MIKE-21. Nid oes dim yn y data o arolygon diweddarach yn Aberdaugleddau, a adolygwyd ar gyfer MHWESG, sy'n cynnig her sylfaenol i ganfyddiadau'r 1980au ynghylch gwaddodi a chludiad halogion. Erbyn hyn, wrth gwrs, dylai'r llwythiad halogion yn yr aber fod wedi gwella o effeithiau'r gorlifiadau llym, a'r mewnbynnau cronig o ddiwydiant ac ardaloedd trefol, nad oeddent yn cael eu rheoli i'r un graddau tan yn gymharol ddiweddar.

Dylid lleoli'r cyfan neu'r rhan fwyaf o'r gorsafoedd a ddewisir ar gyfer monitro gwaddodion yn y mannau lle tybir bod gwaddodion o ronynnau mân; oherwydd, mewn mannau eraill bydd gronynnau bras, gwaddodion sydd wedi eu didoli'n wael, llifau llanw cryf neu ymyriadau ac amrywiadau eraill yn y gyfradd waddodi (gan gynnwys absenoldeb gwaddod), yn llesteirio dehongli'r canlyniadau ar gyfer halogion. Argymhellir felly, yn ychwanegol at yr astudiaeth o greiddiau dyddiedig 'unwaith ac am byth' y cyfeirir ati uchod, y dylid ail-gynnal astudiaeth CCGC 2007 yn achlysurol, yn enwedig yn yr ardaloedd sinciau gwaddodol canlynol. Dylai'r ymarferiadau hyn gael eu defnyddio gan MHWESG ar gyfer goruchwyliaeth reolaidd o'r

halogion yn y dyfodol. Dylid sefydlu rhwng 3 a 6 gorsaf ym mhob ardal a ddewisir, a samplu tri chrafangiad cyffelyb (un ohonynt ar gyfer yr archif) i ddyfnder o 5-10cm:

- Daugleddau (e.e. rhwng Picton Point a Hook Reach)
- Cyffiniau'r Glanfeydd (e.e. o Lanfa Flaenorol Esso at ChevronTexaco/Newton Noyes)
- Afon Penfro
- Cosheton Pill
- Afonydd Carew/Cresswell
- Garron Pill

Nid yw'r sinciau, o anghenraid, o ddiddordeb penodol o safbwynt monitro isfilod y gwaddodion yn fiolegol, er bod y 'Pills' yn isafonydd pwysig, oherwydd y corsydd ar eu cyrion, lle mae adar dŵr yn gaeafu, hwyaid yr eithin yn bridio ac adar hirgoes yn ymweld; ac y mae eu gwerth esthetig a hanesyddol yn fawr. Ar wahân i gyffiniau'r glanfeydd, ardaloedd rhynglanwol yn bennaf yw'r uchod ac felly byddai'n ddoeth cynnwys nifer fach o orsafoedd islanwol yn ychwanegol, ar hyd echelin y ddyfrffordd. Dylid lleoli'r gorsafoedd, cyn belled ag y bo modd, ar sail y gorsafoedd samplu blaenorol (OPRU, Asiantaeth yr Amgylchedd, MHWESG, etc). Argymhellir mabwysiadu'r gorsafoedd a awgrymir gan Warwick (2006), gan ddefnyddio'r un cyfnodau amser, o ddewis.

Bu'r ymdrechion yn yr adolygiad presennol i ail-greu gwybodaeth ehangach ar raddfa'r dirwedd, drwy edrych ar nodweddion y gwaddod, mapio biotopau, mapio hanesyddol, defnyddio delweddu lloeren a ffotograffiaeth awyr, creiddio a ffotograffiaeth rhigolau - y cyfan wedi digwydd ar wahanol adegau gyda gwahanol amcanion mewn golwg - yn rhannol llwyddiannus, yn unig, yn y parth rhynglanwol, ond ni chyflawnwyd fawr ddim yn y parth islanwol. Mae hynny i'w briodoli i amrywiaeth y gwaddodion, ac i natur fratiog y brithwaith o waddodion yn y ddyfrffordd. Er hynny, mae gwybodaeth am gynefinoedd ar raddfa tirwedd yn hollbwysig i reolaeth y ddyfrffordd, a dylai gael ei chrynhai mewn System Gwybodaeth Ddaearyddol gan MHWESG, ar y cyd â gwybodaeth am y gwaddod mewn pwyntiau arwahanol.

Cyn mentro gwneud dim mwy na "chysgodi'r" rhaglen gyfnodol, y cyfeirir ati uchod, sy'n monitro ffawna gwely'r môr, argymhellir y dylid cynnal arolwg graddfa-eang o'r ddyfrffordd gyfan gan ddefnyddio dull o ddelweddu proffil y gwaddod (h.y. REMOTS[®] ("Remote Ecological Monitoring of the Seafloor")). Mae hwn yn ddull cyflym ac anfewnwithiol o asesu cyflwr y biotopau yng ngwely'r môr, sy'n galw am ychydig iawn o waith paratoi yn y labordy. Byddai'n anodd gorbwysleisio mor werthfawr fyddai cael golwg synoptig ar y brithwaith gwaddodion yn y cyfan o'r aber, cyn i MHWESG benderfynu ar raglen o oruchwylio a fydd yn cynnwys nifer cyfyngedig yn unig o safleoedd.