



MILFORD HAVEN WATERWAY
ENVIRONMENTAL SURVEILLANCE GROUP

GRŴP CADW GOLWG AMGYLCHEDDOL
AR DDYFRFFORDD ABERDAUGLEDDAU

MILFORD HAVEN WATERWAY SEDIMENT MACROBENTHOS DATA ANALYSIS & REVIEW 2008-15

Richard M Warwick 2017

© Copyright Milford Haven Waterway Environmental Surveillance Group 2017

Recommended citation: Warwick, R. M., 2017. Milford Haven Waterway sediment macrobenthos data analysis & review 2008-15. Report to the Milford Haven Waterway Environmental Surveillance Group.

Use of this document to inform environmental decision making in the Milford Haven waterway is welcomed by the MHWESG; however:

all use should be appropriately acknowledged and referenced;

the information contained herein is without warranty of any kind, either express or implied and MHWESG does not make any warranties or representations as to the accuracy or completeness of the information contained. Use of the information is at a user's sole risk. Under no circumstances shall MHWESG or its members be liable for any loss, damage, liability or expense incurred or suffered which is claimed to have resulted from use of the information. Under no circumstances, including, but not limited to, negligence, shall MHWESG be liable for any direct, indirect, incidental, special or consequential damages.

Milford Haven Waterway Environmental Surveillance Group
MILFORD HAVEN WATERWAY SEDIMENT MACROBENTHOS DATA
ANALYSIS & REVIEW 2008-15

Richard M Warwick 2017

CONTENTS

EXECUTIVE SUMMARY	1
1. BACKGROUND AND INTRODUCTION	7
2. MHWESG SAMPLING IN MILFORD HAVEN WATERWAY	8
2.1. Sampling stations	8
2.2. Macrobenthos samples	8
2.3. Environmental data	9
2.4. Macrobenthos data	11
2.5. Univariate analyses	12
2.6. Abundance/Biomass Comparison (ABC) curves.	20
2.7. Multivariate analysis	23
2.8. Conclusions	38
3. CLEAN SAFE SEAS ENVIRONMENTAL MONITORING PROGRAMME (CSEMP)	40
3.1. Environmental data	40
3.2. Macrobenthos data	41
3.3. Conclusions	45
4. PEMBROKE POWER STATION SURVEYS	46
4.2. Abundance/Biomass Comparison (ABC) curves.	48
4.3. Multivariate analyses	49
4.5. Conclusions	52
5. NRW TRIBUTARIES MONITORING	53
5.1. Environmental Data	54
5.2. Macrobenthos data	56
5.3. Conclusions	70
6. REFERENCES	71

EXECUTIVE SUMMARY

MILFORD HAVEN WATERWAY SEDIMENT MACROBENTHOS DATA ANALYSIS & REVIEW 2008-15

Richard M Warwick

1. The Milford Haven Waterway is arguably the most intensively studied coastal region of the UK with respect to the soft sediment macrobenthos. These studies have largely been motivated by concern for the environmental effects of the oil industry, since the diversity and composition of the macrobenthos have become one of the mainstays of marine biological effects monitoring.
2. Following a review of historical data, recommendations were made for a future cost-effective and ecologically meaningful macrobenthic surveillance programme for the central Waterway. This has been implemented by three rounds of sampling in 2008, 2010 and 2015 at the so-called “Warwick” stations. During this period, sampling has also been undertaken at various other locations throughout the Waterway, some coinciding with the Group’s surveillance stations and others with historical sampling locations not included in its programme.
3. This report meets the Group’s requirement to analyse and examine trends in these datasets and to explore the relationships between macroinvertebrate communities and physicochemical variables throughout the waterway and over time, to make comparisons with earlier data, to assess increase (or decrease) in stress or impacts, change in functional groups, sensitive species etc.
4. The scope of the work commissioned by the MHWESG comprises analysis and interpretation of data from:
 - Eight “Warwick” stations sampled along the axis of the central waterway in 2008, 2010 and 2013.
 - Samples collected as part of the Clean Safe Seas Environmental Monitoring Programme (CSEMP) from monitoring site 646 at Coshaston Point, corresponding with “Warwick” station UH6, each year from 1999 to 2010 but excluding 2002.
 - Samples collected in connection with the monitoring of Pembroke Power Station at three stations corresponding to “Warwick” stations MH6, MH4 and MH10 in 2012, 2013, 2014 and 2015.
 - Samples collected from 18 stations in tributary inlets of the waterway in 2007, 2012 and 2015.
5. For the MHWESG study along the axis of the Waterway, the original station nomenclature has been replaced by station numbers 1-8 in sequence from west to east, which are now termed “MHWESG stations” rather than “Warwick stations”.
6. Sediments at the MHWESG stations are poorly sorted, with the highest silt/clay content at the middle region.
7. The outer MHWESG stations are virtually fully saline, and thereafter the maximum tidal variation in salinity increases eastward.
8. Patterns of diversity change across the sequence of MHWESG stations are not consistent from year to year, but for the recent 2008-2013 data there is a gradual decline in species diversity measures from the outer to inner stations. Taxonomic distinctness generally falls within the expected range, but for the two inner stations 7 and 8 it is significantly lower than expected in

some years. Compared with other CSEMP monitoring stations around the UK, most MHWESG stations have above average taxonomic distinctness in all years, but the two inner stations 7 and 8 are well below the national average in some years.

9. Abundance / biomass comparison (ABC) plots indicate slight perturbation with W -statistic values close to zero at some MHWESG stations in some years, but the W -statistics are usually strongly positive and never negative.

10. There is a sequential change in community composition from the outer station 1 to the inner station 8 resulting from the distributions of coherent groups of species along this transect. This can be accounted for in terms of salinity and sediment granulometry. Species gradually declining or increasing in abundance can be related to the gradient of reducing salinity, while those peaking at the intermediate stations may be favoured by the higher silt/clay content there. None of the species that are indicators of excessive organic pollution are prominent at any MHWESG station.

11. At the CSEMP monitoring station at Cosheston Point, there was a gradual decline in species diversity from 1999 to 2003 and a gradual increase thereafter, with a peak in 2004 interrupting this trend. ABC curves are indicative of moderate perturbation between 2003 and 2007, with a subsequent recovery.

12. Multivariate analysis of the CSEMP data shows a marked change in community composition from 1999 through to 2001 after which the composition remains relatively stable until a change back towards the 1999 composition from 2008 to 2010.

13. Changes at the CSEMP station are not inconsistent with the published time sequences of change in PAH and metal concentrations in the sediments, but any such cause and effect relationships remain tentative, since the peaks in contaminants are very ephemeral, which poses difficulties in matching them to macrobenthic data.

14. Combining MHWESG and Pembroke Power Station data for MHWESG stations 3, 4 and 5 provides a time series from 2008 to 2015 with only 2009 and 2011 missing. At stations 3 and 4 diversity indices suggest an improvement in environmental quality over this period, although at station 5 there is no further improvement from 2010 onwards.

15. Although the W -statistic values are positive at all sites and in all years, ABC plots provide indications of slight perturbation at station 3 in 2012, 2014 and 2015, whereas at stations 4 and 5 there is a lack of disturbance in any year.

16. Multivariate analysis of the combined MHWESG and Pembroke data highlight the problems of comparing studies conducted by different teams due to the lack of standardisation of taxonomic nomenclature above the species level. Community composition in the Pembroke samples alone varied more between years than between sampling stations, highlighting the temporal instability of the communities in this respect.

17. The NRW study of 18 stations in inlets and tributaries of the main Waterway extended from Gann Flats in the west to the upper Cleddau in the east. Sediments at Gann Flats and Sandy Haven in the west have a low silt/clay content, while stations further east have higher but variable amounts of silt/clay, with no clear west to east trend. There are progressively increasing reductions in salinity and increases in the range of salinity variation from west to east.

18. Although the Gann stations generally have the highest numbers of species they have lower than average taxonomic distinctness. On the other hand, stations at the upper end of the waterway that have lower numbers of species have above average taxonomic distinctness. On average, stations in 2015 have a higher taxonomic distinctness than earlier years.

19. The numbers of individuals present at each inlet station show marked peaks in Angle Harbour and Coshaston Lower. A group of species that are indicators of organic pollution show a coherent pattern of abundance across the sites and are mainly responsible for this distribution.

20. All three ABC conditions (unperturbed, moderately perturbed or grossly perturbed) are found at the inlet stations. Only one station on Gann, one in the upper Cresswell and three stations Cleddau have unperturbed ABC configurations and positive W -statistics in all three years. Only the station in the lower Carew has the grossly perturbed configuration and negative W -statistics in all three years. The remaining stations vary in their status from year to year and there is no obvious relationship with location or any natural environmental variables. There is a greater occurrence of grossly or moderately perturbed conditions in 2012 compared with 2007 or 2015.

21. Community composition changes in a roughly linear sequence from the Gann stations and Angle Bay to the inner stations of the Cleddau, a pattern that corresponds more closely to salinity than to sediment granulometry. There is only a slightly bigger difference in species composition between stations than between years, but both are highly significant. There is a bigger difference between 2015 and the preceding years.

22. It is well known that species diversity is reduced in low salinity areas, which is the case in the uppermost stations in the Waterway, but low species diversity is not a good indication of ecological quality. The upper stations in the Cleddau have unperturbed ABC configurations in all three years, with higher values of average taxonomic distinctness and lower values of variation in taxonomic distinctness than the outer high salinity stations in Gann or Angle Bay.

CRYNODEB GWEITHREDOL

DYFRFFORDD ABERDAUGLEDDAU GWADDOD MACROBENTHOS DATA DADANSODDI AC ADOLYGU 2008-15

Richard M Warwick

1. Mae Dyfrffordd Aberdaugleddau yn dadlau y rhanbarth arfordirol a astudiwyd fwyaf dwys yn y DU o ran y macrobenthos gwaddodion meddal. astudiaethau hyn wedi raddau helaeth cymell gan bryder am yr effeithiau amgylcheddol y diwydiant olew, gan fod amrywiaeth a chyfansoddiad y macrobenthos wedi dod yn un o brif gynheiliaid fonitro effeithiau biolegol morol.
2. Yn dilyn adolygiad o ddata hanesyddol, gwnaed argymhellion ar gyfer rhaglen gwyliadwriaeth macrobenthic gost-effeithiol ac yn ecolegol ystyrion y dyfodol ar gyfer y Ddyfrffordd ganolog. Mae hyn wedi cael ei roi ar waith gan dri rownd o samplu yn 2008, 2010 a 2015 yn yr hyn a elwir orsafoedd "Warwick". Yn ystod y cyfnod hwn, samplo hefyd wedi cael ei wneud ar amryw o leoliadau eraill ar draws y ddyfrffordd, mae rhai cyd-daro gyda gorsafoedd gwyliadwriaeth y Grŵp ac eraill sydd â lleoliadau samplu hanesyddol heb eu cynnwys yn ei raglen.
3. Mae'r adroddiad hwn yn bodloni'r gofyniad y Grŵp i ddadansoddi ac archwilio tueddiadau mewn setiau data hyn ac i archwilio'r berthynas rhwng cymunedau macroinvertebratau a newidynnau ffisiogemegol drwy gydol y ddyfrffordd a thros amser, i wneud cymariaethau â data cynharach, i asesu cynnydd (neu ostyngiad) yn straen neu effeithiau, newid mewn grwpiau swyddogaethol, rhywogaethau sensitif ac ati.
4. Mae cwmpas y gwaith a gomisiynwyd gan y MHWESG cynnwys dadansoddi a dehongli data o:
 - Wyth "Warwick" gorsafoedd a samplwyd ar hyd yr echelin y ddyfrffordd canolog yn 2008, 2010 a 2013.
 - Archwiliwyd samplau a gasglwyd fel rhan o'r Glân Diogel Moroedd Amgylcheddol Monitro Rhaglenni (CSEMP) o fonitro safle 646 yn Cosheston Point, sy'n cyfateb gyda "Warwick" gorsaf UH6, bob blwyddyn er 1999 i 2010 ond heb gynnwys 2002.
 - Archwiliwyd samplau a gasglwyd mewn cysylltiad â monitro Gorsaf Bŵer Penfro mewn tair gorsaf cyfateb i orsafoedd "Warwick" MH6, MH4 a MH10 yn 2012, 2013, 2014 a 2015.
 - Archwiliwyd samplau a gasglwyd o 18 o orsafoedd mewn cilfachau lednentydd y ddyfrffordd yn 2007, 2012 a 2015.
5. Ar gyfer yr astudiaeth MHWESG ar hyd echelin y Ddyfrffordd, mae'r gyfundrefn enwau gwreiddiol yr orsaf wedi cael ei ddisodli gan niferoedd orsaf 1-8 mewn trefn o'r gorllewin i'r dwyrain, sydd bellach yn cael eu galw'n "orsafoedd MHWESG" yn hytrach na "gorsafoedd Warwick".
6. Mae gwaddodion yn y gorsafoedd MHWESG yn cael eu datrys yn wael, gyda chynnwys silt / clai uchaf ar y rhanbarth canol.
7. Mae'r gorsafoedd MHWESG allanol yn cael eu bron di-lanw, ac wedi hynny yr amrywiad llanw uchaf yn halltedd yn cynyddu tua'r dwyrain.

8. Nid yw Patrymau o newid amrywiaeth ar draws y dilyniant o orsafoedd MHWESG yn gyson o flwyddyn i flwyddyn, ond ar gyfer y data diweddar 2008-2013 bu dirywiad graddol mewn mesurau amrywiaeth rhywogaethau o'r allanol i orsafoedd mewnol. distinctness tacsonomig yn gyffredinol yn dod o fewn yr ystod disgwylidig, ond ar gyfer y ddwy orsaf mewnol 7 ac 8 mae'n sylweddol is na'r disgwyl mewn rhai blynyddoedd. O'i gymharu â gorsafoedd monitro CSEMP eraill o gwmpas y Deyrnas Unedig, y rhan fwyaf o orsafoedd MHWESG gennych dros distinctness tacsonomig cyfartaledd ym mhob blwyddyn, ond mae'r ddwy orsaf mewnol 7 ac 8 yn llawer is na'r cyfartaledd cenedlaethol mewn rhai blynyddoedd.

9. Niferoedd yn dangos ychydig o perturbation â gwerthoedd W-ystadegyn yn agos i sero mewn rhai gorsafoedd MHWESG mewn rhai blynyddoedd, ond mae'r W-ystadegau fel arfer yn gadarnhaol cryf a byth yn negyddol.

10. Mae newid dilyniannol yng nghyfansoddiad cymuned o'r orsaf allanol 1 i'r orsaf mewnol 8 deillio o'r dosbarthiadau o grwpiau cydlynol o rywogaethau ar hyd trawslun hwn. Gall hyn gael ei gyfrif amdano o ran halltedd a granulometry gwaddod. Rhywogaethau yn raddol dirywio neu'n cynyddu mewn digonedd gellir fod yn gysylltiedig â graddiant o leihau halwynedd, tra gall y rhai cyrraedd uchafbwynt yn y gorsafoedd canolradd yn cael ei ffafrio gan y cynnwys silt / clai uwch yno. Nid yw'r un o'r rhywogaethau sy'n ddangosyddion llygredd organig gormodol yn amlwg mewn unrhyw orsaf MHWESG.

11. Yn yr orsaf monitro CESMP yn Coshaston Point, bu gostyngiad graddol yn amrywiaeth y rhywogaethau 1999-2003 a chynnydd graddol wedi hynny, gyda brig yn 2004 torri ar draws y duedd hon. cromliniau ABC yn arwydd o aflonyddu cymedrol rhwng 2003 a 2007, gyda adferiad dilynol.

12. Dadansoddiad aml-amrywedd o ddata CSEMP yn dangos newid sylweddol yng nghyfansoddiad cymuned o 1999 drwy i 2001 ac ar ôl hynny mae'r cyfansoddiad yn parhau i fod yn gymharol sefydlog tan newid yn ôl tuag at y cyfansoddiad 1999 o 2008 at 2010.

13. Nid yw newidiadau yn yr orsaf CSEMP yn anghyson â'r dilyniannau cyhoeddi cyfnod o newid yn PAH a chrynodiadau metel yn y gwaddodion, ond mae unrhyw achos ac effaith perthnasoedd o'r fath yn parhau i fod betrus, gan fod y brig yn halogyddion yn byrhoedlog iawn, sy'n peri anawsterau o ran cyfateb iddynt macrobenthic data.

14. Cyfuno MHWESG a data Gorsaf Bŵer Penfro ar gyfer gorsafoedd MHWESG 3, 4 a 5 yn darparu cyfres amser 2008-2015 gyda dim ond 2009 a 2011 ar goll. Mewn gorsafoedd 3 a 4 mynegeion amrywiaeth yn awgrymu gwelliant yn ansawdd yr amgylchedd yn ystod y cyfnod hwn, er bod yng gorsaf 5 nid oes unrhyw welliant pellach o 2010 ymlaen.

15. Er bod y gwerthoedd W-ystadegyn yn gadarnhaol ym mhob safle ac yn yr holl flynyddoedd, lleiniau ABC yn darparu arwyddion o ychydig perturbation yng ngorsaf 3 yn 2012, 2014 a 2015, tra mewn gorsafoedd 4 a 5 mae diffyg o aflonyddwch mewn unrhyw flwyddyn .

16. Dadansoddiad aml-amrywedd o'r data MHWESG a Phenfro cyfuno tynnu sylw at y problemau o gymharu astudiaethau a gynhaliwyd gan wahanol dimau oherwydd y diffyg safoni enwau tacsonomig uwchlaw lefel rhywogaeth. cyfansoddiad y Gymuned yn y samplau Penfro ei ben ei hun yn amrywio mwy rhwng blynyddoedd na rhwng gorsafoedd samplo, gan dynnu sylw at yr ansefydlogrwydd tymhorol y cymunedau yn hyn o beth.

17. Mae NRW astudiaeth o 18 o orsafoedd yng Cilfachau a llednentydd o brif Dyfrffordd yn ymestyn o Fflatiau Gann yn y gorllewin i'r Cleddau uchaf yn y dwyrain. Mae gwaddodion yn

Fflatiau Gann a Sandy Haven yn y gorllewin ydynt yn cynnwys silt / clai isel, tra bod gorsafoedd ymhellach i'r dwyrain yn cael symiau uwch ond amrywiol o silt / clai, heb unrhyw gorllewin clir i duedd dwyrain. Mae gostyngiadau cynyddol gynyddol mewn halltedd a chynnydd yn yr ystod o amrywiad halwynedd o'r gorllewin i'r dwyrain.

18. Er bod y gorsafoedd Gann yn gyffredinol yn cael y nifer fwyaf o rywogaethau sydd ganddynt is na distinctness tacsonomig cyfartaledd. Ar y llaw arall, mae gorsafoedd ar ben uchaf y ddyfrffordd sydd â llai o rywogaethau yn cael uwch distinctness tacsonomig cyfartaledd. Ar gyfartaledd, gorsafoedd yn 2015 yn cael distinctness tacsonomig uwch na'r blynyddoedd cynharach.

19. Mae nifer yr unigolion sy'n bresennol ym mhob sioe gorsaf fewnfa farcio copaon yn Angle Harbwr a Cosheston Isaf. Grŵp o rywogaethau sy'n ddangosyddion llygredd organig yn dangos patrwm cydlynol o ddigonedd ar draws y safleoedd ac yn gyfrifol am y dosbarthiad hwn yn bennaf.

20. Mae'r tri Amodau ABC (unperturbed, perturbed cymedrol neu hynod tarfu) i'w cael yn y gorsafoedd gilfach. Dim ond un orsaf ar Gann, un yn y Cresswell uchaf a tair gorsaf Cleddau wedi cyfluniadau ABC unperturbed ac W-ystadegau cadarnhaol ym mhob tair blynedd. Dim ond yr orsaf yn y Caeriw isaf mae gan y cyfluniad hynod tarfu a negyddol W-ystadegau yn y tri blynedd. Mae'r gorsafoedd sy'n weddill yn amrywio o ran eu statws o flwyddyn i flwyddyn ac nid oes perthynas amlwg gydag leoliad neu unrhyw newidynnau amgylcheddol naturiol. Mae mwy o achosion o perturbed gwbl neu'n gymedrol amodau yn 2012 o'i gymharu â 2007 neu 2015.

21. Newidiadau cyfansoddiad cymunedol mewn dilyniant fras llinellol o'r gorsafoedd Gann a Bae Angle i'r gorsafoedd mewnol y Cleddau, patrwm sy'n cyfateb yn agosach i halwynedd nag i granulometry gwaddod. Dim ond gwahaniaeth ychydig yn fwy yng nghyfansoddiad y rhywogaethau rhwng gorsafoedd nag rhwng blynyddoedd, ond mae'r ddau yn arwyddocaol iawn. Mae gwahaniaeth mwy rhwng 2015 a blynyddoedd blaenorol.

22. Mae'n hysbys bod amrywiaeth rhywogaethau yn cael ei ostwng yn yr ardaloedd halltedd isel, sy'n yn wir yn y gorsafoedd uchaf yn y Ddyfrffordd, ond nid yw amrywiaeth y rhywogaethau yn isel yn arwydd da o ansawdd ecolegol. Mae'r gorsafoedd uchaf yn y Cleddau wedi cyfluniadau ABC unperturbed ym mhob un o'r tair blynedd, gyda gwerthoedd uwch o distinctness tacsonomig cyfartalog a gwerthoedd is o amrywiad yn distinctness tacsonomig na'r gorsafoedd halltedd uchel allanol ym Gann neu Fae Angle.