

Ymateb y Rhwydwaith Cenedlaethol er Rhagoriaeth mewn Mathemateg (NNEM) i Lywodraeth Cymru ynghylch gwella addysg mathemateg yng Nghymru o ystyried canfyddiadau PISA

Cefndir

Mae'r Rhaglen ar gyfer Asesu Myfyrwyr Rhyngwladol (PISA) yn astudiaeth fyd-eang gan y Sefydliad ar gyfer Cydweithrediad a Datblygiad Economaidd (OECD) mewn aelod-wladwriaethau a gwladwriaethau sydd ddim yn aelodau, o berfformiad addysgol disgyblion 15 oed mewn mathemateg, gwyddoniaeth, a darllen. Mae gan PISA arwyddocâd sylweddol o ran ddatblygu polisi addysg Gymraeg, a, o ystyried y diwygiadau diweddar yn nulliau asesu a chynnwys arholiadau TGAU yng Nghymru a Lloegr, mae'n debyg mai canlyniadau PISA yw'r unig gymhariaeth sylfaenol ar gyfer system addysg Gymraeg, nid yn rhyngwladol yn unig ond hefyd o fewn y DU.

Ym mis Mehefin 2017, gofynnodd Llywodraeth Cymru i NNEM am gyngor ynghylch sut y gellid cymhwyso'r wybodaeth o ganlyniadau PISA 2012 a 2015 i waith NNEM a chynghor mwy cyffredinol ynghylch hyrwyddo addysgu a dysgu mathemateg yn genedlaethol mewn ymateb i ganfyddiadau PISA. Mae prif ganfyddiadau PISA yng nghyd-destun y papur hwn yn cynnwys adroddiadau o Gymru a rhai byd-eang a dadansoddiad ychwanegol a wnaed o ganlyniadau Cymru (mae dadansoddiad ychwanegol ar gyfer canlyniadau 2015 ar y gweill a bydd yn cael ei rannu â'r NNEM yn ystod y misoedd nesaf), ynghyd â gwaith ymchwil ychwanegol yr OECD ar addysgeg mathemateg a'i ymagweddau (OECD, 2014; Wheeler ac eraill, 2013; Jerrim a Shure, 2016; ac OECD, 2016a a 2016b). Mae NNEM a Llywodraeth Cymru yn cytuno y dylai'r cyngor fod yn ymwneud â sut y gellir cynorthwyo ymarferwyr mathemateg i sicrhau bod myfyrwyr yn cael eu hymestyn o flwyddyn i flwyddyn gan arwain at gyflawniad gwell mewn mathemateg erbyn Blwyddyn 11.

Mae'r cwestiwn arfaethedig yn bwysig ar gyfer NNEM ac mae'n cysylltu â nifer o feysydd blaenoriaeth a nodir yng nghynllun lefel uchel NNEM, ac yn benodol, â gwaith grŵp addysgeg NNEM sy'n anelu at gychwyn datblygiadau addysgeg sy'n seiliedig ar dystiolaeth mewn addysgu mathemateg yn adeiladu ar ddealltwriaeth o'r hyn sy'n golygu arfer effeithiol yn ogystal â datblygu rhaglenni dysgu proffesiynol athrawon i ategu hyn. Yn ogystal â'r dogfennau uchod, ystyriwyd nifer o ddogfennau ymchwil i sicrhau bod dystiolaeth gadarn yn sail i'n cyngor. Rydym hefyd yn credu bod cyd-destun Cymru yn hanfodol, ac felly pan ellid gwneud hynny, edrychom ar dystiolaeth prosiectau ymchwil sy'n benodol i Gymru yn hyn o beth. Er bod PISA yn rhoi pwyslais mawr ar gymhwyso mathemateg i ddatrys problemau a gwneud penderfyniadau sy'n hanfodol i ddatblygiad plant sy'n byw yn yr 21^{ain} ganrif, barn NNEM yw na ddylid cyfyngu mathemateg gan gynnwys cwestiynau PISA. Fodd bynnag, rydym yn cytuno bod dogfennau OECD yn cynnig argymhellion i addysgu pob math o fathemateg (cofio ffeithiol a dilyn gweithdrefnau algorithmig, cymhwyso mathemateg hysbys mewn sefyllfaoedd newydd a

chymhwyso gwybodaeth gysyniadol i adeiladu dadleuon mathemategol, gweler, e.e., Smith ac eraill 1996 neu Darlington, 2013 am esboniad o'r dosbarthiad) ac felly roeddem yn bwriadu cyfeirio at y cyfan o'r uchod yn ein hargymhellion.

Ym mis Gorffennaf 2017, dechreuodd gwaith NNEM â thrafodaeth grŵp yn cynnwys tri chwestiwn allweddol:

- Sut y gellir defnyddio'r wybodaeth (o adroddiadau sy'n ymwneud â PISA) yng ngwaith yr NNEM a dulliau newydd o addysgu a dysgu?
- Pa gyngor y gallai'r NNEM ei roi i Lywodraeth Cymru i'w hystyried yn ehangach wrth ddatblygu mathemateg?
- Sut y gallai athrawon cymorth NNEM sicrhau rhagor o ymestyn flwyddyn ar ôl blwyddyn?

Trefnir y papur fel a ganlyn. Crynhoir canfyddiadau PISA ac adroddiadau cysylltiedig yn Adran 1. Y prif bwyntiau trafod o gyfarfodydd NNEM ar y 14^{eg} o Orffennaf a'r 4^{ydd} o Hydref, 2017 ac fe'u hamlinellir yn Adran 2. Rydym wedyn yn awgrymu camau gweithredu ar gyfer NNEM ac argymhellion ar gyfer Llywodraeth Cymru sydd wedi deillio o drafodaethau (Adran 3). Mae hyn yn cynnwys ychydig o feysydd lle mae angen ymgymryd â rhagor o waith ymchwil ynghylch arferion Cymru i adeiladu ar lwyddiant presennol a dileu problemau. Daw'r papur i ben â chrynodeb byr a rhestr o gyfeiriadau.

Nid ydym o'r farn bod yr ymateb a luniwyd yn y papur hwn yn derfynol ond yn hytrach yn gweld y gwaith hwn fel datblygiad parhaus fel rhan o sefydlu NNEM yng Nghymru.

Adran 1: Canlyniadau PISA mewn mathemateg a'r goblygiadau ynghylch addysgu a dysgu

1.1 Trosolwg o berfformiad mathemateg gan bobl ifanc 15 oed yng Nghymru (2006-2015)

Bu dirywiad yn y canlyniadau ac er nad yw'r dirywiad ei hun yn arwyddocaol (mewn termau cymharol), mae'n dangos na fu gwelliant yn y sgoriau mathemateg yn y degawd diwethaf; gweler y tabl isod. Mae sgoriau mathemateg PISA yng Nghymru yn is na rhai Lloegr, yr Alban a Gogledd Iwerddon, ac fel y nodir Jerrim and Shure (2016), mae gwledydd gan gynnwys yr Eidal, Portiwgal a Rwsia naill ai wedi dal i fyny â Chymru neu wedi rhagori arni. At eich sylw, dangosir y sgôr gymedrig ar gyfer mathemateg ers 2006 isod:

Blwyddyn	2006	2009	2012	2015
Sgôr gymedrig ar gyfer Mathemateg yng Nghymru	484	472	468	478

Mae perfformiad cymharol y cyflawnwyr uchaf a'r isaf yng Nghymru yn arbennig o arwyddocaol. Dangosodd canlyniadau 2015 fod gan Gymru gyfran lai o ddisgyblion yn cyflawni'n rhagorol mewn mathemateg (5%) na'r cyfartaledd ar draws aelodau eraill OECD (11%). At hynny, mae'r disgyblion sy'n cyflawni orau yng Nghymru yn perfformio'n sylweddol is na'r cyflawnwyr gorau yn y gwledydd sy'n perfformio orau. Sgoriodd 10% o ddisgyblion 15 oed a oedd yn perfformio orau yng Nghymru 578 neu ragor yn 2015. Mae hyn yn sylweddol is na'r 10% sy'n perfformio orau yn Singapore (lle'r oedd y disgyblion hynny yn sgorio 682 neu ragor). Ar ben hynny, mae 36 o wledydd lle mae'r 90^{ain} ganradd yn fwy nag 20 pwynt yn uwch na hynny yn achos Cymru. Fel y nodir gan Jerrim a Shure (2016), dim ond tri aelod-wladwriaeth sydd wedi diwydianeiddio o OECD (Twrci, Mecsico a Chile) sydd â'u sgorau 90^{ain} canradd yn is na Chymru.

Mae'r cyflawnwyr isaf yng Nghymru (yn y 10^{fed} ganradd) hefyd yn perfformio'n gymharol waeth na gwledydd eraill er nad yw'r gwahaniaeth hwn mor amlwg. Mae deg gwlad y mae eu cyflawnwyr gwaethaf yn perfformio'n gymharol well na'r rhai sy'n cyflawni waethaf yng Nghymru (pump o fewn Dwyrain Asia ond hefyd Iwerddon a Chanada).

Felly, er bod y bwlch rhwng y disgyblion mwyaf sy'n cyflawni orau a gwaethaf yn llai yng Nghymru nag yn y rhan fwyaf o wledydd eraill, un o'r rhesymau dros y bwlch hwn yw bod diffyg disgyblion â medrau mathemateg ar lefel uchel.

Mae perfformiad bechgyn a merched ym mhroffion mathemateg 2015 hefyd yn amlygu bwlch cymharol amlwg (cafodd bechgyn sgôr cymedrig o 483 a chafodd merched sgôr gymedrig o 473). Roedd hyn yn debyg i ganlyniadau yn 2009. Mae'n amlwg nad yw gwahaniaethau o'r fath yn cael eu hadlewyrchu fel arfer mewn canlyniadau TGAU, er bod awgrym y gellir adlewyrchu canlyniadau tebyg yn y TGAU Mathemateg: Rhifedd newydd (dylid nodi, fodd bynnag, y gall cofnod cynnar effeithio ar ddata o'r fath).

Ymgorfforodd cylch 2012 asesiad PISA ffocws manylach ar fathemateg ac felly mae dadansoddiad o'r data hyn yn cynnig rhagor o wybodaeth am agweddau penodol ar ddysgu

mathemateg yng Nghymru. Y pwyntiau allweddol o'r dadansoddiad hwn (Wheater *ac eraill*, 2013) yw bod:

- Y disgyblion yn gymharol gryf ar gwestiynau sy'n canolbwyntio ar debygolrwydd ac ystadegau
- Y disgyblion yn gymharol gryf ar gwestiynau sy'n gofyn iddynt ddehongli, cymhwyso a gwerthuso canlyniadau mathemategol i ddatrys problemau
- Y disgyblion yn gymharol gryf ar gwestiynau sy'n gofyn iddynt ddehongli, cymhwyso a gwerthuso canlyniadau mathemategol i ddatrys problemau
- Y disgyblion yn llai cryf ar gwestiynau sy'n gofyn iddynt ffurfio sefyllfaoedd yn fathemategol
- Mae dadansoddiad o'r canlyniadau sy'n ystyried cefndiroedd economaidd-gymdeithasol yn awgrymu bod y bwlch rhwng perfformiad y disgyblion mwyaf breintiedig a difreintiedig yn gymharol isel yng Nghymru
- Ar gyfartaledd, nid oedd gan ddisgyblion ddiddordeb arbennig mewn dysgu mathemateg ond roeddent yn dangos cymhelliant cymhellol i'w ddysgu (gan gydnabod ei fod yn ddefnyddiol)
- Y disgyblion naill ai'n is na neu'n unol â chyfartaleddau OECD wrth adrodd am barodrwydd i ddatrys problemau
- Y disgyblion naill ai'n is na chyfartaleddau OECD wrth adrodd am gyfranogi mewn mathemateg y tu allan i'r ysgol
- Yn gyffredinol, roedd y disgyblion yn uwch na chyfartaledd OECD wrth adrodd am eu profiadau o gael eu haddysgu yn gynhwysol a chefnogol
- Y disgyblion yn uwch na chyfartaledd OECD wrth adrodd am brofiadau o strategaethau 'Actifadu Gwybyddol' (e.e. cnoi cil ynghylch problemau, tasgau sydd angen meddwl estynedig, dysgu o gamgymeriadau)

Mae dadansoddiad o'r ymatebion i gwestiynau mathemateg PISA yn 2015 bron yn gyflawn a bydd yn cael ei gyhoeddi cyn bo hir. Mae'r dadansoddiad hwn yn awgrymu canfyddiadau tebyg i ganlyniadau yn 2012. Gwendid penodol dysgwyr yng Nghymru, a nodwyd gan y dadansoddiad hwn, yw'r gallu i ffurfio sefyllfaoedd yn fathemategol. Mae cymhwyso cysyniadau, ffeithiau, gweithdrefnau a rhesymu mathemategol hefyd yn wendid, er nad ydynt mor amlwg â'r gallu i lunio.

1.2. Trosolwg o adroddiadau ar sail data PISA ynghylch dysgu ac addysgu mathemateg

Mae dadansoddi canlyniadau PISA ac arferion gwledydd OECD yn darparu sylfaen dystiolaeth ym meysydd dysgu ac addysgu mathemateg ac fe'u defnyddiwyd mewn adroddiadau sy'n cyfrannu at y llenyddiaeth ynghylch addysgeg effeithiol mewn mathemateg. Tri adroddiad o'r fath yw: 'PISA in Practice: Cognitive Activation in Mathematics' (Burge *ac erall*, 2015), 'Ten Questions for Mathematics Teachers' (OECD, 2016b) ac 'Equations and Inequalities: Making Mathematics Accessible to All' (OECD, 2016a). Rhoddir crynodeb o themâu allweddol o'r adroddiadau hyn yn yr adran hon.

Term sy'n cael ei ddefnyddio i ddisgrifio dewisiadau pedagogaidd yw Actifadu Gwybyddol (CA) sy'n annog dysgwyr i feddwl yn ddwys a gwneud cysylltiadau. Mae'n cynnwys arferion megis:

- Annog disgyblion i gnoi cil ynghylch problemau
- Rhoi problemau mathemateg i ddisgyblion sy'n gwneud iddynt eu hystyried am gyfnod estynedig
- Gofyn i'r disgyblion ddefnyddio eu gweithdrefnau eu hunain ar gyfer datrys problemau cymhleth
- Creu cymuned lle gall disgyblion ddysgu o gamgymeriadau
- Rhoi problemau i'r disgyblion heb ddull amlwg o'u datrys nac atebion lluosog iddynt
- Cyflwyno problemau i ddisgyblion mewn gwahanol gyd-destunau a gofyn iddynt ddefnyddio'r hyn maent wedi'i ddysgu mewn cyd-destun newydd
- Gofyn i ddisgyblion egluro sut y gwnaethant ddatrys problem a pham eu bod yn dewis y dull hwnnw

Mae holiaduron PISA o fewn cylch asesu PISA sy'n canolbwyntio ar fathemateg (fel yn 2012) yn gofyn i'r disgyblion adrodd am eu profiadau o'r arferion CA hyn. Mae dadansoddiad o ganlyniadau'r holiaduron ynghyd â dadansoddiad o berfformiad ym mhroffion mathemateg PISA yn awgrymu bod ymarfer CA yn gysylltiedig â chyflawniad uwch mewn mathemateg. At hynny, ymddengys bod ymarfer CA o fudd arbennig i ddisgyblion sydd â statws economaidd-gymdeithasol isel a chanolig (SES). Un o fuddion eraill CA yw ei fod yn ymwneud yn gadarnhaol â nodweddion fel cymhelliant a hunan-ffeithiolrwydd. Ni fyddai honiadau o'r fath gan *Burgeac eraill* (2015) yn cael eu hystyried yn newydd yn y maes addysg mathemateg; mae ymchwilyr yn gwneud honiadau tebyg ers blyneddau lawer. Er enghraifft, mae Boaler (1998 a 2016) yn dadlau bod arferion megis cynnwys disgyblion mewn problemau estynedig, gan ofyn iddynt ddefnyddio a thrafod eu gweithdrefnau eu hunain, gan roi problemau heb unrhyw ateb uniongyrchol amlwg a chreu awyrgylch lle ystyrir camgymeriadau fel cyfleoedd ar gyfer dysgu yn effeithio'n gadarnhaol nid yn unig ar gyrhaeddiad ond hefyd ar feddylfryd. Ar ben hynny, mae'r arferion hyn yn cael eu cydnabod fel rhai sydd o fudd i ferched (ond hefyd bechgyn) sydd â hunan-gysyniad is (Mendick 2005b).

Yn adroddiad CA, mae *Burgeac eraill* (2015), trwy ddadansoddi canlyniadau PISA yn Lloegr yn 2012, yn honni bod disgyblion sy'n cyflawni'n salach yn adrodd am lai o brofiadau o strategaethau CA na disgyblion sy'n cyflawni'n well. Gallai hyn fod oherwydd bod athrawon yn teimlo bod disgyblion sy'n cyflawni salach yn llai galluog, ac felly, maent yn dewis llai o dasgau sy'n heriol yn wybyddol iddynt. Fodd bynnag, mae *Burgeac eraill* (2015) hefyd yn nodi, er bod y berthynas rhwng dod i gysylltiad â strategaethau CA a chyflawniad gwell mewn mathemateg yn arwyddocaol ar draws yr holl ddisgyblion, ni ellir honni ei fod yn berthynas achosol. Mae *Burgeac eraill* (2015) hefyd yn honni bod CA wedi'i gysylltu'n gadarnhaol â chymhelliant cynhenid mewn mathemateg a chymhelliant offerynnol. Unwaith eto, nid yw achos y berthynas yn glir.

Mae'r berthynas rhwng CA a hunan-gred mewn medrau mathemateg yn fwy cymhleth. Ar gyfer disgyblion sydd â SES isel, er bod perthynas gadarnhaol rhwng y defnydd o strategaethau CA a hunan-ffeithiolrwydd a hunan-gysyniad, ymddengys nad oes perthynas gadarnhaol rhwng y defnydd o strategaethau CA a phryder ynghylch mathemateg. Felly, nid yw lefel is o bryder

ynghylch mathemateg mewn disgyblion sydd â SES isel yn cynnwys lefel uwch o strategaethau CA. Gan fod canlyniadau PISA yn rhyngwladol (fel y rhai yn 2012) yn dangos perthynas rhwng SES a chyflawniad ym mathemateg, mae hyn yn awgrymu bod angen i athrawon fod yn arbennig o ystyriol wrth ddewis strategaethau addysgu ar gyfer disgyblion sydd â SES isel.

Mae adroddiad OECD (2016) 'Ten Questions for Mathematics Teachers' yn ategu ac yn atgyfnerthu honiadau Burge *et al*(2015). Mae'r adroddiad hwn yn defnyddio data o 2012 ac o Arolwg Rhyngwladol Addysgu a Dysgu 2013 (TALIS) i nodi strategaethau addysgu a dysgu allweddol ar gyfer athrawon mathemateg. Mewn sawl ffordd, nid yw casgliadau'r adroddiad yn syndod. Er enghraifft, mae'r adroddiad yn cydnabod bod perthynas gymhleth rhwng cyflawniad a'r cydbwysedd rhwng dysgu 'actif' a gyfeiriwyd gan athro a myfyrwyr. Ymddengys bod perthynas gadarnhaol rhwng dysgu uniongyrchol gan fyfyrwyr a llwyddiant mewn problemau syml ond wrth i broblemau ddod yn anoddach, bydd effaith cyfarwyddyd uniongyrchol yn cael ei leihau. Mae'n syndod hefyd fod yna berthynas rhwng hunan-effeithiolrwydd athrawon a'r defnydd o strategaethau dysgu mwy gweithredol (po fwyaf fydd hunan-effeithiolrwydd yr athro, mwyaf tebygol fydd y defnydd o strategaethau dysgu gweithredol). Ar ben hynny, po fwyaf o gydweithio sy'n bodoli rhwng athrawon o fewn ysgol, mwyaf tebygol fydd y defnydd o strategaethau CA. Mae'r adroddiad hefyd yn cydnabod pwysigrwydd amgylchedd dosbarth cadarnhaol a chefnogol a'r angen am gydbwysedd rhwng sylw cysyniadau craidd (ac atgyfnerthu cysylltiad rhwng y rhain) ac amrywiaeth o broblemau cymhwysol i'w datrys. Ar ben hynny, wrth drafod addysgu datrys problemau, mae'r adroddiad yn awgrymu pwysigrwydd defnyddio datrys problemau fel dull addysgu yn hytrach nag fel defnydd o sgiliau a ddysgwyd eisoes.

Codir pwyntiau tebyg i'r rhai a drafodir uchod ac fe'u harchwilir ymhellach gan adroddiad 'Equations and Inequalities' (2016) OECD, sy'n canolbwyntio ar sut y gall systemau addysg wneud mathemateg yn hygyrch i bob dysgwr, gan ganolbwyntio'n benodol ar ddysgwyr â chyrhaeddiad salach a / neu SES isel. Mae casgliadau o'r adroddiad helaeth hwn yn arbennig o ddefnyddiol i wneuthurwyr polisi. Maent yn cynnwys ystyriaeth bod angen cymorth ar athrawon wrth ddatblygu dulliau addysgu fel grwpiau hyblyg a dysgu cydweithredol, y cydnabyddir eu bod yn cynyddu'r cyfleoedd dysgu ar gyfer yr holl ddisgyblion. At hynny, mae'r adroddiad yn cydnabod yr angen am ddefnyddio 'problemau heriol, wedi'u llunio'n dda' (OECD, 2016: 14) i ymestyn medrau meddwl lefel uwch. Mae hefyd yn pwysleisio'n gyson pa mor bwysig yw cynorthwyo athrawon; trwy ddeunyddiau addysgu a hyfforddiant.

I grynhoi, y pwyntiau allweddol a godwyd o ganlyniadau mathemateg PISA oedd:

- Pwysigrwydd cydbwysedd a chysylltiad wrth addysgu cysyniadau craidd
- Pwysigrwydd dod i gysylltiad yn rheolaidd ag arferion sy'n datblygu meddwl ar lefel uwch
- Y berthynas rhwng strategaethau Actifadu Gwybyddol a chyflawni hynny
- Y berthynas rhwng y defnydd o strategaethau Actifadu Gwybyddol a hunan-effeithiolrwydd
- Pwysigrwydd cydweithio rhwng athrawon, hyfforddiant a chyfraniad deunyddiau ategol

A phwyntiau allweddol i Gymru, yn arbennig:

- Yr angen i wella cyflawniad pob dysgwr mewn mathemateg, ac yn benodol, lefel y rhai sy'n cyflawni'n uwch mewn mathemateg
- Yr angen i gynorthwyo dysgwyr wrth gymhwyso eu dealltwriaeth a'u rhesymu mathemategol, ac wrth lunio sefyllfaoedd mathemategol
- Ffocws ar gyrhaeddiad merched mewn llythrennedd mathemategol (gweler hefyd Tanner a Jones, 2013)

Adran 2: Pwyntiau a godwyd trwy drafodaeth NNEM

Crynoir isod y themâu allweddol a gododd o drafodaethau grŵp, a'r rhai y dylai grŵp addysgeg NNEM eu hystyried. Dylid nodi y gallai rhai pwyntiau a godir fod y tu hwnt i gylch gorchwyl NNEM (e.e. effaith arholiadau TGAU ar ymarfer) ac mae rhai (e.e. cynnwys y cwricwlwm) yn cael eu hystyried gan y grŵp datblygu cwricwlwm arloesol Mathemateg a Rhifedd. Fodd bynnag, mae'r rhain wedi'u cysylltu â dulliau addysgu a dysgu, felly fe wnaethom eu cynnwys yn y drafodaeth isod.

Rhesymu, datrys problemau a dyfnder dealltwriaeth

Cyfeiriodd pob grŵp at bwysigrwydd rhesymu a datrys problemau fel ffordd o sicrhau dyfnder dealltwriaeth ac am sicrhau y caiff dysgwyr sy'n cyflawni'n uwch eu herio. Trafodwyd yr arfer o gyflymu dysgwyr sy'n cyflawni uwch trwy gynnwys hefyd, ac roedd hyn hefyd yn gysylltiedig â sylwadau ynghylch pontio a gosod; gweler isod. Gwnaed ychydig o gyfeiriadau at yr ymagwedd Meistroli, sy'n golygu sicrhau dyfnder dealltwriaeth trwy broblemau a thasgau cynyddol gymhleth. Awgrymwyd y dylid ymchwilio i effaith yr ymagwedd hon, ac yn benodol, dylid ymgynghori ag ysgolion yng Nghymru sydd wedi addasu'r dull hwn. P'un a yw'r term Meistrolaeth yn cael ei ddefnyddio ai peidio, mae pwysigrwydd datblygu dealltwriaeth athrawon o ddulliau o ddatblygu rhesymeg a datrys problemau mewn mathemateg (gan gynnwys ystadegau) a rhifedd yn cael ei gydnabod fel blaenoriaeth allweddol gan bob grŵp.

Agweddau tuag at fathemateg

Cododd nifer o grwpiau bwysigrwydd hyrwyddo'r syniad bod mathemateg yn gymhleth, yn 'anniben', ac yn her, sydd wedi'i drafod yn flaenorol gan yr NNEM. Mae angen rhagor o waith i newid agweddau tuag at fathemateg a chredoau am fathemateg yn y gymdeithas yng Nghymru. Er y gallai'r pwynt hwn gysylltu â gwaith y grŵp cyfathrebu, gellid ei gysylltu â gweithgaredd y grŵp addysgeg trwy hyrwyddo'r neges honno fel agwedd ar addysgeg effeithiol.

Hunanreoleiddio gan ddysgwyr fel rhan o ddysgu mathemateg

Mae tystiolaeth ymchwil yn awgrymu'n gryf bod proses ddysgu hunan-reoleiddiol yn hanfodol ar gyfer llwyddiant academiaidd. Nododd Zimmerman a Pons (1986) fod llwyddiant yn yr ysgol, yn enwedig mewn dosbarthiadau uwch ac mewn lleoliadau anffurfiol, yn cael ei ystyried yn hynod ddibynnol ar hunanreoleiddio gan fyfyrwyr. Ar ben hynny, gall hunanreoleiddio fod yn well rhagfynegydd o gyflawniad na meini prawf rhyw neu gymdeithasol-economaidd. Er bod enghreifftiau yng Nghymru lle mae dod yn ddysgwyr hunan-reoleiddiol yn rhan gynhenid o addysgu mathemateg, ni welir hyn fel rhan o ddatblygiad proffesiynol athrawon. Eto, mae'n hollbwysig i'r gwaith o ddiwygio ysgolion sy'n mynd rhagddo yng Nghymru (Donaldson, 2015). Un elfen o hunanreoleiddio sy'n gysylltiedig â hunan-efeithiolrwydd yw "dyfalbarhad o ran cymhelliant ac ymdrech" (Cox, 1976). Dylai hyn helpu myfyrwyr i ddatblygu cydnherthedd, a dylai hynny yn ei dro helpu myfyrwyr i oresgyn pryderon sy'n gysylltiedig â datrys problemau a chwestiynau tebyg i rai PISA.

Datblygiad proffesiynol ar gyfer athrawon mathemateg sy'n heb gefndir o arbenigo mewn mathemateg (e.e. cyfrifyddiaeth, peirianeg ac ati)

Mae angen i'r grŵp addysgeg ystyried y llwybrau dysgu proffesiynol ar gyfer y sawl sydd ddim yn arbenigwyr mewn mathemateg mewn sectorau uwchradd. Mae angen iddo hefyd ystyried llwybrau dysgu proffesiynol mathemateg ar gyfer ymarferwyr cynradd. Mae tystiolaeth bod llai o hyder mathemategol athrawon yn arwain at hyder isel ymhlith eu myfyrwyr (McLeod, 1992; Beilock ac eraill, 2010; Hill, 2016).

Gwahaniaethau rhyw ac arferion da

Mae canfyddiadau ymchwil yn awgrymu na ddylid trin y broblem o ferched sy'n cyfranogi'n annigonol ac/neu'n tangyflawni mewn mathemateg fel problem ar wahân. Yn hytrach, gall anghydbwysedd rhwng y rhywiau nodi problemau sylfaenol yn y dulliau o addysgu mathemateg sy'n anafanteisio merched a bechgyn ac arferion da wrth addysgu mathemateg y gwyddys eu bod yn fuddiol i'r ddau ryw (Smith 2010 a 2014; Smith a Golding, 2015; Mendick 2005a a 2005b). Mae ymchwil rhyngwladol ar effaith mewn mathemateg yn nodi bod tystiolaeth bod gan ferched hunan-gysyniad mathemateg is na bechgyn ond ar yr un pryd mae'n debygol y byddant yn priodoli eu llwyddiant i ymdrech yn hytrach na lwc neu allu (McLeod, 1992; Hendley ac eraill 1995). Felly dylai edrych ar arferion da presennol ym mherfformiad merched ym mhroffion PISA ac arholiad Rhifedd TGAU fod yn flaenoriaeth. Gallai'r enghreifftiau hyn ddatgelu dulliau allweddol sydd o fudd i bob myfyriwr ac mae'n debyg y byddant yn nodi ymagwedd ysgol gyfan dda tuag at ddysgu yn gyffredinol ac ymhlith myfyrwyr ac athrawon fel ei gilydd (Cann, 2009).

Gan ddefnyddio'r NNEM ac, yn benodol, Parth Hwb NNEM fel llwyfan ar gyfer rhannu arfer addysgeg effeithiol

Roedd y grwpiau'n ceisio canfodi ffyrdd effeithiol o gyfathrebu arferion da a rhannu canfyddiadau. Mae deunyddiau ysgrifenedig yn ffynhonnell dda o ddysgu ar gyfer athrawon ond dylid creu fideos byr lle bo modd. Soniodd grwpiau am sicrhau bod NNEM yn cael ei ddefnyddio i rannu arfer effeithiol. Y defnydd o'r parth Hwb ar gyfer rhannu deunyddiau fideo (ee clipiau byr sy'n ymwneud ag ymestyn cyflawnwyr uwch/gwersi sy'n hyrwyddo rhesymu) a hefyd deunyddiau ategol (e.e. enghreifftiau o dasgau a fyddai'n dangos sut gellid datblygu dyfnder dealltwriaeth yn hytrach nag ehangder dealltwriaeth).

Cynnwys y Cwricwlwm Mathemateg, Pontio (o ysgolion cynradd i uwchradd i ôl-16 ac i AU) ac ysgolion 3-18

Fe wnaethom ni grwpio'r themâu hyn gyda'n gilydd oherwydd roeddem ni'n teimlo eu bod y tu hwnt i gylch gorchwyl uniongyrchol NNEM ond yn bwysig serch hynny.

- Er bod mathemateg wedi'i ymgorffori ym mhob pwnc, teimlwn fod angen am bwyslais cliriach i ledaenu'r neges hon ac arddangos arferion da o fathemateg sy'n cael eu defnyddio mewn gwahanol bynciau, megis siartiau cylch mewn Hanes. Gallai hyn hefyd ar yr un pryd helpu i atgyfnerthu'r neges bod mathemateg ar gyfer pawb ac yn elfen allweddol o lawer o bynciau.
- Mae'n bwysig edrych ar bontio ym mhob cam o daith addysgol plentyn. Mae dealltwriaeth gyffredin bod y trosglwyddo o'r cynradd i'r uwchradd yn haws pan fydd

myfyrwyr yn astudio mewn ysgolion 3-18. Wrth i nifer yr ysgolion 3-18 newydd gynyddu yng Nghymru, gallai hyn greu cyfleoedd i ymchwilio i arferion effeithiol. Cyfeiriwyd at ysgolion annibynnol sy'n aml yn meddu ar arbenigwr mathemateg yng nghyfnod cynradd yn ogystal ag yng nghyfnod uwchradd addysg. Ceir enghreifftiau hysbys lle mae athrawon uwchradd yn treulio rhywfaint amser yn addysgu mewn ysgolion cynradd sy'n bwydo neu'n cynnal gweithgareddau ychwanegol y cwricwlwm mathemateg gyda phlant i gynorthwyo â'u trosglwyddo (Dosbarthiadau meistr mathemateg gan y Sefydliad Brenhinol ar gyfer ysgolion cynradd, er enghraifft). Yn yr un modd, gall athrawon cynradd elwa o dreulio rhywfaint o amser yn yr ystafelloedd dosbarth uwchradd.

- Mae'n hysbys bod astudio cymwysterau mathemateg ychwanegol ar Lefel 2 yn helpu â'r trosglwyddo o TGAU i Safon Uwch (Tanner ac eraill, 2016) tra bod Mathemateg Bellach yn cael ei gydnabod fel rhywbeth sy'n helpu â'r trosglwyddo o fathemateg ysgol i fathemateg prifysgol (Lyakhova a Neate, 2017). Fodd bynnag, nodwyd diffygion y ddau gymhwyster Safon Uwch sy'n gysylltiedig â'r gwrthgyferbyniadau yn nulliau addysgu ac arferion asesu cymwysterau mathemateg ôl-16 a chysiau israddedig (Darlington, 2014; Lyakhova a Neate, 2017). Mae arholiadau mathemateg TGAU a Safon Uwch gan amrywiaeth o fyrdau arholi yn profi cofio a gweithdrefnau ffeithiol yn bennaf. Mae'r papur Rhifedd yn ychwanegiad i'w groesawu oherwydd mae'n profi cymhwyso mathemateg mewn cyd-destunau newydd, er nad yw rhesymu mathemategol i adeiladu dadleuon mathemateg ar gael yn unrhyw le yn y maes llafur naill ai ar lefel TGAU na lefel Safon Uwch.
- Mae OECD yn argymhell yn gryf y dylid dal arni cymaint ag y bo modd cyn setio a ffrydio. Fodd bynnag, teimlwn y byddai angen llawer o gymorth ar ymarferwyr i arbrofi â dull o'r fath ac felly pe baem yn penderfynu ymchwilio i hyn, byddai'n astudiaeth arhydol.
- Dylai newid mewn arferion addysgeg helpu i wella deilliannau dysgwyr ar bob lefel, gan gynnwys ymestyn ymhellach y myfyrwyr hynny sy'n cyflawni'n rhagorol. Fodd bynnag, teimlwn y dylai rhaglenni byr-dymor fel SEREN ac Aspire allu helpu. Mae amrywiaeth o raglenni allgymorth mewn mathemateg sydd ar gael ledled Cymru, fodd bynnag, mae effaith allgymorth yn anodd iawn i'w arfarnu.
- Er bod yr adolygiad diweddar o lwybrau mathemateg ôl-16 yn Lloegr (Smith, 2017) yn nodi nad oedd achos ar hyn o bryd i fathemateg ddod yn orfodol i ddisgyblion hyd at 18 oed yn Lloegr, pwysleisiodd yr adroddiad bwysigrwydd argaeledd cymwysterau amgen megis Mathemateg Craidd. Dywed yr adroddiad fod 32% o'r rhai a gyflawnodd A * / A mewn Mathemateg TGAU yn 2015/16 yn Lloegr na wnaeth astudio Mathemateg Safon Uwch, yn astudio Bioleg Safon Uwch, ac yna Hanes (28%), Seicoleg (27%) a Chemeg (20%). Efallai y gellid dadlau y byddai'r holl bynciau hyn yn elwa o gael eu tanategu trwy astudio rhagor o fathemateg. Mae Mathemateg Craidd yn cyfeirio at set o gymwysterau a gynlluniwyd i ddarparu cyfleoedd i fyfyrwyr a gyflawnodd radd C o leiaf mewn TGAU Mathemateg ond sydd ddim yn astudio mathemateg Safon Uwch. Mae niferoedd y myfyrwyr sy'n astudio'r cymhwyster newydd ar hyn o bryd yn fach (dim ond 3,000 o ymgeiswyr oedd yn 2016/17 yn y DU). Mae'n anodd anghytuno â'r ffaith bod cynnig rhagor o gyfle i fyfyrwyr astudio mathemateg bellach yn cyfrannu at Ddibenion y cwricwlwm newydd yng Nghymru. Nodwyd fod "datblygu diddordeb gydol oes mewn

mathemateg" yn un agwedd ar 'ddod yn ddysgwyr uchelgeisiol, galluog sy'n barod i ddysgu trwy gydol eu bywydau', mewn cyflwyniad gan gynrychiolydd Mathemateg a Rhifedd AoLE yng nghyfarfod NNEM ar y 4^{ydd} o Hydref 2017. Os ydym yn pwysleisio pwysigrwydd dysgu mathemateg hyd at 16, dylem fod yn gyson wrth ei hyrwyddo ar gyfer ôl-16 hefyd.

Adran 3: Goblygiadau ac argymhellion

Yn dilyn y trafodaethau, argymhellir y dylai'r camau canlynol gael eu datblygu gan grŵp addysgeg NNEM.

Gweithredu	Sut	Pryd	Meini prawf llwyddiant
Archwilio'r llwybrau dysgu proffesiynol ar gyfer athrawon cynradd ac uwchradd sydd ddim yn arbenigwyr ar fathemateg (o bosibl yn cynnwys pob cwrs dysgu proffesiynol) ledled Cymru	Casglu gwybodaeth am yr holl gyfleoedd dysgu proffesiynol sydd ar gael ym mhob consortia ac yn genedlaethol a chynnig cymhariaeth. Nodi'r bylchau a chasglu gwybodaeth am yr hyn sydd ar gael ledled y DU i lenwi'r bylchau mewn sgiliau addysgu a gwybodaeth. Ystyried cyfraniad technoleg.	Mehefin 2018	Trosolwg clir o dirwedd dysgu proffesiynol yng Nghymru â bylchau a nodwyd a chysiau newydd arfaethedig i lenwi'r bylchau hyn
Paratoi cynllun ymchwil ar gyfer astudiaeth arhydol ynghylch ble ceir arferion da yng Nghymru a phaddulliau yw'r rhai mwyaf effeithiol o annog athrawon i ddatblygu eu harferion yng nghyd-destun Cymru	Cydlynnydd Ymchwil NNEM i gydweithio â'r grŵp addysgeg i ddatblygu cynllun.	Gorffennaf 2018	Cynllun cynhwysfawr yn cynnwys llinell amser ar gyfer elfennau y gellir eu cyflawni, strategaeth gytunedig ynghylch gwerthuso a chyllid angenrheidiol.
Cysylltu prosiectau Ymchwil Gweithredu 2017/18 â'r themâu a nodwyd yn y papur hwn	Bydd cydlynnydd Ymchwil NNEM yn adolygu themâu ymchwil a nodi meysydd diddordeb posibl	Ion 2018	Bydd prosiect AR naill ai wedi'i gwblhau neu wedi gwneud cynnydd sylweddol erbyn Gorffennaf 2018

Mae'r eitemau a nodwyd ar gyfer trafodaeth ychwanegol ar gyfer grŵp addysgeg NNEM yn cynnwys:

- Ymestyn myfyrwyr sy'n cyflawni'n rhagorol. Canolbwyntiodd ymagwedd arfaethedig, hyd yn hyn, ar brifysgolion sy'n cynnig cyfres o ddosbarthiadau meistr i ysgolion y mae arnynt angen cymorth ychwanegol. Roedd meini prawf posibl ar gyfer nodi'r lleoliadau hyn yn cynnwys canlyniadau profion PISA ac arholiad Rhifedd TGAU.
- Datblygu cynllun cyfathrebu NNEM sy'n targedu cynulleidfia ehangach.
- Hyrwyddo ac enghreifftio datblygiad rhesymu a datrys problemau fel rhai o nodweddion allweddol addysgeg effeithiol.

- Ystyried arfer effeithiol rhyngwladol mewn mathemateg trwy daith maes. Mae Tsieina, Seland Newydd, Ffrainc a'r Ffindir wedi cael eu crybwyll fel gwledydd sydd â gwahanol gryfderau yn eu hymagweddau at addysgu a dysgu mathemateg.

Barn NNEM yw ein bod yn gweld dysgu proffesiynol athrawon fel yr allwedd i arferion sy'n newid yng Nghymru. Cydnabyddir bod Llywodraeth Cymru eisoes wedi gwneud gwaith i sefydlu dull cenedlaethol o ddysgu proffesiynol, fel yr amlinellwyd yng nghynllun gweithredu 'Addysg yng Nghymru: Ein cenhadaeth genedlaethol' (Llywodraeth Cymru, 2017). Mae ymagwedd NNEM yn seiliedig ar dair elfen: **tystiolaeth ymchwil a gasglwyd o ymchwil** addysg ledled y byd, wedi'i brofi **yng Nghymru** ac arferion da a **rennir â chymuned gyfan ymarferwyr Cymru..** Er ein bod yn bwriadu ymchwilio i arferion presennol, nid ydym yn disgwyl datgelu dulliau chwyldroadol newydd. Yn hytrach, byddwn yn canfod bod rhai o'r arferion addysgeg adnabyddus a chydabyddedig eisoes wedi'u profi yng Nghymru ac mae rhai arferion yn fwy addas nag eraill. Rydym hefyd yn disgwyl dod o hyd i amrywiaeth o ddulliau sy'n llwyddo yn dibynnu ar statws economaidd-gymdeithasol a pharamedrau eraill ysgolion. Efallai na fydd ysgolion yn ymwybodol o beth sy'n gwneud i'w hymagwedd llwyddo, ond efallai y bydd cydweithio ag ymchwilydd addysg mathemateg profiadol yn helpu i wneud canfyddiadau yn fwy cynhwysfawr.

Mae'n bwysig bod y sampl o ysgolion a ddewisir i gyfranogi mewn prosiectau ymchwil yn gynrychioliadol i Gymru ac yn sampl strata. Dylai cymharu dystiolaeth ymchwil arferion ein helpu i nodi ymhellach egwyddorion addysgeg sy'n sail i arferion da sy'n gweithio yng Nghymru ac yn symud ymlaen i adeiladu rhaglen ddysgu broffesiynol fwy cyson a chydlynol ledled Cymru. Dylai canfyddiadau'r ymchwil lywio cyrsiau dysgu proffesiynol. Yn y tymor hirach, hoffem weld ymarferwyr mathemateg Cymru yn troi'n ysgolheigion sy'n ymchwilio i'w harferion eu hunain.

Yn olaf, hoffem gynnig ychydig o sylwadau am rai o'r eitemau a drafodir sydd y tu hwnt i gylch gorchwyl penodol NNEM.

Ystyrir arferion asesu, a chynnwys papurau arholiad a phrofion rhifedd cenedlaethol yn arbennig, fel rhai sy'n parhau i ddylanwadu ar addysgu yn yr ystafell ddosbarth. Credwn y byddai'n fuddiol parhau i annog diwygio cynnwys yr arholiad a phapurau'r prawf cenedlaethol yn ogystal â'r ymagwedd gyfan at asesu. Dylid annog Cymwysterau Cymru, NNEM a CBAC i gydweithio i ddiweddarau ei gilydd ar eu safbwyntiau, eu canfyddiadau a'u cynnydd.

Dylid sefydlu rhaglenni dysgu proffesiynol cenedlaethol sy'n ymwneud yn benodol â'r pwnc ac ag addysgeg (ac yn ddelfrydol, cyfuniad cynhwysfawr o'r ddau) yng Nghymru yn y tymor hir. Mae'r elfennau hyn yr un mor bwysig mewn rhaglenni hyfforddi athrawon yng Nghymru. Dylai unrhyw ymdrechion hirdymor i ddiwygio hyfforddiant athrawon geisio cryfhau a sicrhau cysondeb y ddau.

Yn fwy cyffredinol, mae NNEM yn teimlo bod ymgais i fabwysiadu un o'r dulliau "ffasiynol" eraill, megis Meistroli neu Shanghai, yn rhy gul. Dylid rhoi pwyslais cyson ar amrywiaeth o ddulliau sy'n gweithio'n dda, ond efallai y bydd addasu'r rhain yn dibynnu ar nifer o ffactorau, yn ogystal ag amgylchiadau unigol lleoliadau addysgol.

Paratowyd y papur hwn gan

Dr. Sofya Lyakhova a Rachel Wallis ar ran yr NNEM

Cyfeiriadau:

Beilock, S., Gunderson, E., Ramirez, G., & Levine, S. (2010) *Female teachers' math anxiety affects girls' math achievement*, Proceedings Of The National Academy Of Sciences Of The United States Of America, 107, 5, pp. 1860-1863

Boaler, J. (1998) *Open and Closed Mathematics: Student Experiences and Understandings*, Journal for Research in Mathematics Education, Vol 29/1 pp. 41-62.

Boaler, J. (2016) *Mathematical Mindsets: Unleashing Students' Potential Through Creative Math, Inspiring Messages and Innovative Teaching* San Francisco: Jossey-Bass.

Burge, B., Lenkeit, J. and Sizmur, J. (2015) *PISA in Practice: Cognitive Activation in Maths*. Slough: NFER.

Cann, R. (2009). Girls' participation in post-16 mathematics: a view from pupils in Wales. *Gender and Education*, 21(6), pp.651-669.

Cox, C. M. (1926). *The early mental traits of three hundred geniuses* (Vol. 2). Stanford University Press.

Darlington, E. (2013) The use of Bloom's taxonomy in advanced mathematics questions. *Proceedings of the British Society for Research into Learning Mathematics* (C. Smith ed.). Bristol, UK, pp.7-12.

Darlington, E. (2014). Contrasts in mathematical challenges in A-level Mathematics and Further Mathematics, and undergraduate mathematics examinations. *Teaching Mathematics and its Applications: An International Journal of the IMA*, 33(4), pp.213-229.

Donaldson, G. (2015). *Successful futures: Independent review of curriculum and assessment arrangements in Wales*. Welsh Government.

Hendley, D., Parkinson, J., Stables, A. and Tanner, H. (1995) Gender differences in pupil attitudes to the national curriculum foundation subjects of English, mathematics, science and technology in Key Stage 3 in South Wales. *Educational studies*, 21(1), pp.85-97.

Hill, F., Mammarella, I, Devine, A., Caviola, S., Passolunghi, M., & Szűcs, D. (2016) *Maths anxiety in primary and secondary school students: Gender differences, developmental changes and anxiety specificity*, Learning & Individual Differences, 48, pp. 45-53

Jerrim, J. and Shure, N. (2016) *Achievement of 15-Year-Olds in Wales: PISA 2015 National Report*. UCL Institute of London.

Lyakhova, S. and Neate, A. (2017). Further Mathematics and Transition between school and university mathematics. In *CETL-MSOR Conference 2017: Mathematics Education beyond 16: Pathways and Transitions*.

McLeod, D.B. (1992). Research on affect in mathematics education: A reconceptualization. *Handbook of research on mathematics teaching and learning*, pp.575-596.

Mendick, H. (2005a) A beautiful myth? The gendering of being/doing 'good at maths'. *Gender and education*, 17(2), pp.203-219.

Mendick, H. (2005b) Mathematical stories: why do more boys than girls choose to study mathematics at AS-level in England? *British Journal of Sociology of Education*, 26(2), pp.235-251.

OECD (2014). *PISA 2012 results in focus: what 15-year-olds know and what they can do with what they know*. Programme for International Student Assessment, OECD Publishing, Paris.

OECD (2016a) *Equations and Inequalities: Making Mathematics Accessible to All*, PISA, OECD Publishing, Paris.

OECD (2016b) *Ten Questions for Mathematics Teachers...and how PISA can help answer them*, PISA, OECD Publishing, Paris.

Smith, A. (2017) Report of Professor Sir Adrian Smith's review of post-16 mathematics. https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/630488/AS_review_report.pdf (accessed 07 Aug 2017).

Smith, C. (2010). Choosing more mathematics: happiness through work? *Research in Mathematics Education*, 12(2), pp.99-115.

Smith, C. (2014) Gender and participation in mathematics and further mathematics A-levels: a literature review for the Further Mathematics Support Programme, IoE UCL, <http://furthermaths.org.uk/docs/Gender%20Literature%20Review%20UCL%20IOE%20Final.pdf> (accessed 7 Aug 2017).

Smith, C. and Golding, J. (2015) Gender and participation in Mathematics and Further Mathematics: Interim Report for the Further Mathematics Support Programme, IoE UCL, <http://furthermaths.org.uk/docs/Research%20Report%20UCL%20IOE%20Case%20Studies%20FINAL.pdf> (accessed 7 Aug 2017).

Smith, G., Wood, L., Coupland, M., Stephenson, B., Crawford, K. and Ball, G. (1996) Constructing mathematical examinations to assess a range of knowledge and skills. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology* 27 (1): 65-77.

Tanner, H. and Jones, S. (2013). Developing Mathematical Literacy in Welsh Secondary Schools, *University of Wales Journal of Education* 16: 21-36. Tanner, H., Lyakhova, S. and Neate, A. (2016) Choosing Further Mathematics. *Cylchgrawn Addysg Cymru/Wales Journal of Education*, Vol. 18 (No. 2):23-40.

Welsh Government (2017) Education in Wales: Our national mission: Action plan 2017-2021, <http://gov.wales/docs/dcells/publications/170926-education-in-wales-en.pdf> (accessed 13 Oct 2017)

Wheater, R., Ager, R., Burge, B. and Sizmur, J. (2013) *Achievement of 15-Year-Olds in Wales: PISA 2012 National Report*. Slough: NFER.

Zimmerman, B. J., & Pons, M. M. (1986). Development of a structured interview for assessing student use of self-regulated learning strategies. *American educational research journal*, 23(4), 614-628.