

Hywel M. Griffiths

Geomorffoleg afonol Cymru: heddiw, ddoe ac yfory

GWERDDON

CYFNODOLYN ACADEMAIDD CYMRAEG

Cyfrol I, Rhif 3, Mai 2008 • ISSN 1741-4261

Geomorffoleg afonol Cymru: heddiw, ddoe ac yfory

Hywel M. Griffiths

1. Cyflwyniad

Ar hyd y canrifoedd mae afonydd wedi chwarae rôl ddeublyg ym mywyd economaidd a chymdeithasol poblogaeth Cymru. Ar un llaw maent wedi cynnig cynhaliath trwy'r diwydiannau pysgota, gwlan, cloddio plwm a sinc, echdynnu graean a thrwy bweru melinau (Jenkins, 2005). Trwy orchuddio'r gorlifdiroedd â gwaddodion maethlon a alluogodd amaethyddiaeth i ffynnu wrth eu hymyl, trwy alluogi fforio a masnachu yn y canrifoedd a fu, a thrwy weithgareddau twristaidd ac adloniadol, mae'r amgylchedd afonol wedi bod yn un prysur a phroffidiol. Ar y llaw arall maent wedi profi'n rhwystrau i glerwyr a theithwyr yn y gorffennol, ac mae llifogydd ac erydiad yn parhau hyd heddiw i rwystro ac i ddifrodi cyfathrebau, strwythurau ac adeiladau ar eu glannau, yn aml ar gost dynol ac economaidd uchel. Maent hefyd yn ffurfio rhan annatod o'r tirlun deniadol Cymreig, fel nentydd bychain yn yr uwchdiroedd, rhaeadrau a cheunentydd cyfyng, afonydd llifwaddodol mewn gorlifdiroedd, ac aberoedd eang. Mae'r rhyngberthyniad yma rhwng diddordeb academiaidd yn y tirffurfiau a'r prosesau sydd wedi eu ffurfio, a'r angen i'w deall ar gyfer ystyriaethau ymarferol, wedi arwain at gorff eang ac amrywiol o wybodaeth geomorffolegol sy'n benodol i Gymru, ond y gellir ei gymhwyso yn amlach na pheidio i systemau tebyg yn y Deyrnas Unedig, Ewrop a'r byd.

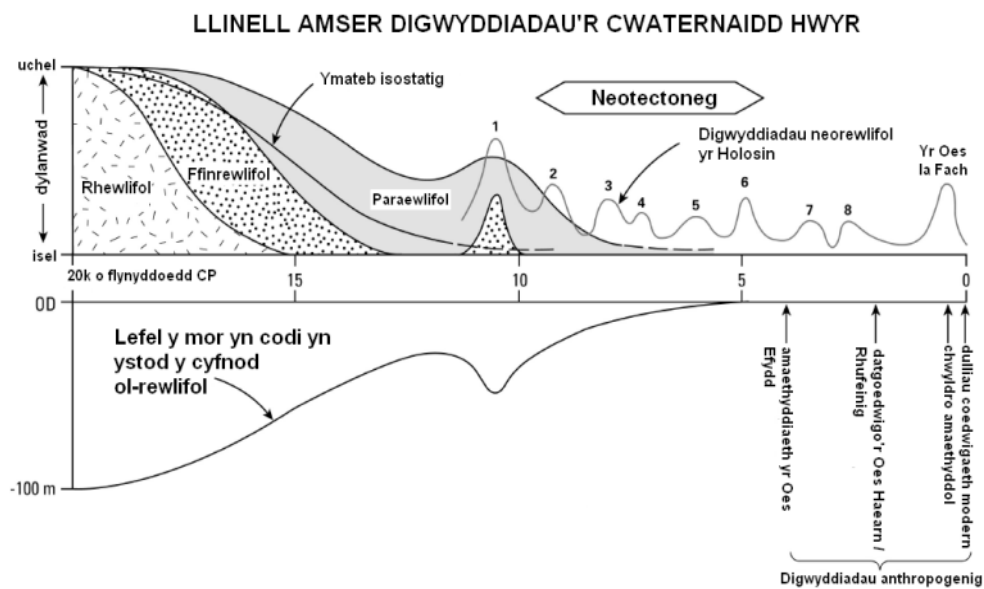
Eitfeddiaeth rhewlifant ar systemau afonol Cymru

Mae cyd-destun daearegol a hinsoddol y cyfnod Cwaternaidd (y ~2.6Ma diwethaf), gan gynnwys cyfres o Oesoedd Iâ, wedi creu'r amgylchiadau ar gyfer gweithgaredd presennol afonydd Cymru. I raddau helaeth maent wedi llywio ymateb afonydd Cymru i newidiadau hinsoddol ac effeithiau gweithgaredd anthropogenig yn ystod yr Holosîn (yr 11ka diwethaf). Yn ystod y Pleistosen Hwyr, y cyfnod pryd y gwelwyd yr ehangu mwyaf o orchudd iâ rhewlifol yng Nghymru oedd yn ystod Stadial Dimlington, rhwng ~30,000 a 15,000 cal. cyn y presennol (CP) (Jones a Keen, 1993), gan gyrraedd ei uchafbwynt o orchuddiad erbyn ~21,500 cal. CP. Bryd hynny gorchuddid y rhan fwyaf o dir Cymru, heblaw am Benrhyn Gŵyr a rhannau o Fro Morgannwg, gan iâ. Erbyn ~16,750 cal. CP roedd yr iâ wedi crebachu bron yn llwyr (Bowen *et al.*, 1986). Parhaodd cyfnodau ffinrhwylfodol hyd at ~15,500 cal. CP (Ballantyne a Harris, 1994), pryd y cychwynnodd cyfnod RhyngStadial Windermere, cyfnod o hinsawdd tymherus tebyg iawn i'r cyfnod presennol. Dychwelodd amodau ffinrhwylfodol (a rhewlifoedd mynydd i Eryri) yn ystod Stadial Loch Lomond rhwng ~13,000 a 11,500 cal. CP (Gray a Coxon, 1991), hyd nes i gynnydd cyflym mewn tymheredd ~11,500 cal CP ddynodi cychwyniad y cyfnod tymherus presennol (yr Holosîn). Yn ystod y cyfnod hwn cafwyd amrywiaethau hinsoddol llai, megis Cyfnod Cynnes yr Oesoedd Canol a'r Oes Iâ Fach (1550–1850 AD).

Yn y mwyafrif o systemau afonol Cymru, gwaddol y cyfnodau rhewlifol a brofwyd yn ystod y Pleistosen Hwyr yw'r dyffrynnoedd gorddwrn a grëwyd wrth i'r iâ ehangu, gan greu'r

llwybrau traenio ar gyfer afonydd Cymru heddiw. Yn ystod y crebachiad rhewlifol dilynol, llenwyd rhannau o'r dyffrynnoedd gan ddyddodion garw rhewlifol, ac yn aml ailweithiwyd y dyddodion yma gan ddŵr tawdd rhewlifol, gan greu gwastadeddau allolchi eang (Macklin a Lewin, 1986; Brewer *et al.*, yn y wasg). Yn ystod cyfnod yr Holoſin bu afonydd Cymru (yn enwedig yr afonydd gwely graean) yn cludo ac yn ailweithio'r dyddodion yma ar batrymau a chyfraddau amrywiol o ganlyniad i newidiadau amgylcheddol (naturiol ac anthropogenig) (Lewin, 1981; Lewin, 1997). Mae'r rhain yn cynnwys amrywiaethau mewn cyflenwad dyddodion i systemau afonol, amrywiaethau mewn maint ac amledd llifogydd (Higgs, 1987; Gittins *et al.*, 2004), mwyngloddio metelau (Davies a Lewin, 1974; Lewin *et al.*, 1977; Brewer a Taylor, 1997) a rheoli afonol (Brewer *et al.*, 2000; Dobson a Lewin, 1975). Arweiniodd y newidiadau yma at ddatblygiad tirffurfiau arbennig yn y tirlun afonol Cymreig, yn enwedig felly cyfresi o derasau afonol, sef tystiolaeth o erydiad a dyddodiad y gorffennol ar ffurf darnau o orlifdiroedd wedi eu gadael ar lefelau uwch wrth i'r afon endorri (Macklin a Lewin, 1986; Johnstone, 2004; Taylor a Lewin, 1996, 1997).

Yn ogystal â thymheru gweithgaredd afonol trwy'r ffactorau naturiol uchod mae'r cyfnod rhewlifol wedi rheoli patrymau o erydiad a dyddodiad trwy'r etifeddiaeth o dirffurfiau'r Pleistosen Hwyr (Macklin, 1999). Mae ffurf nodweddiadol 'awrwydr' rhai o afonydd Cymru, ble mae'r afon yn llifo trwy hydau cul a llydan am yn ail yn ganlyniad i farianau trawsdyffryn (e.e. afon Teifi ger Tregaron (Brewer *et al.*, yn y wasg) neu i fwâu llifwaddodol o lednentydd (e.e. afon Dyfi ym Mallwyd a Glantwymyn (Johnstone, 2004)). Arweiniodd hyn at segmentu systemau afonol i hydau sydd yn arddangos nodweddion geomorffolegol gwahanol iawn (e.e. ystumio actif ac anactif y naill ochr a'r llall i gyfyngiad ar lawr y dyffryn), ac at ymatebion gwahanol ac unigryw i ffactorau alogenëig (Brewer *et al.*, yn y wasg).

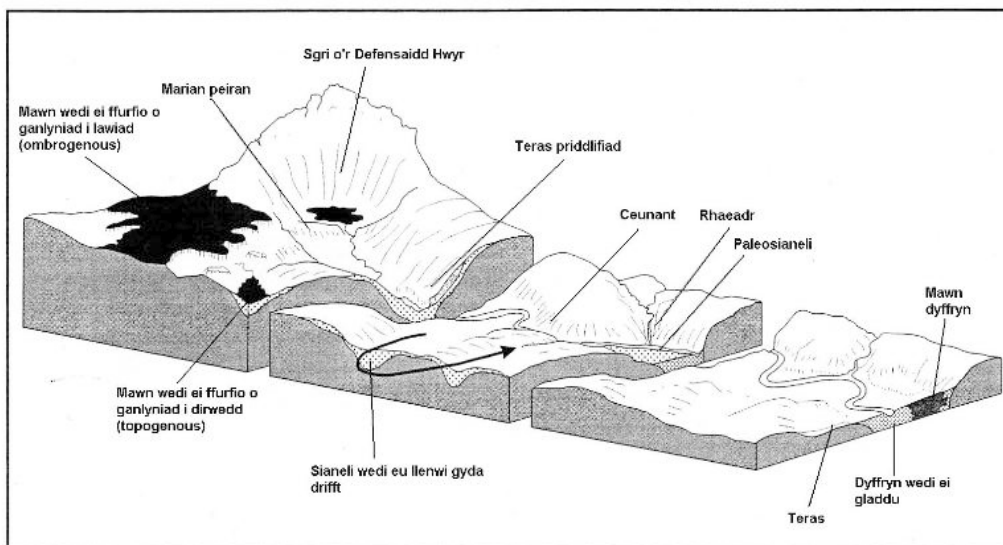


Ffigwr 1: Cronoleg o brif ddylanwadau'r cyfnod Cwaternaidd Hwyr ar afonydd Cymru (ar ôl Brewer *et al.* (2005))

Mae newidiadau yn lefel y môr yn ystod y Pleistosen Hwyr (Johnstone, 2004) ac ymateb isostatig-rewlifol (Campbell a Bowen, 1989) hefyd yn enghreifftiau o sut mae'r cyfnod rhewlifol diwethaf wedi effeithio ar systemau afonol Cymru (gweler Ffigwr 1), er prin iawn yw'r gwaith a wnaed yn y meysydd yma. Y cyntaf o'r ddau ffactor yma a ddeillir orau, yn enwedig felly o gwmpas uchafbwynt llanw afon Dyfi yn Nerwen-las, ble mae dyddodiad o ganlyniad i brosesau'r llanw wedi arwain at gladdu patrwm geomorffolegol yr Holoſîn cynnar (Johnstone, 2004).

Mae'r diffyg dyddodion y gellir eu dyddio yn faen tramgwydd sylweddol wrth geisio astudio'r uchod. Er enghraifft, awgrymodd gwaith Jones (1970) ar broffil hyd afon Tywi fod sawl cyfnod o ymgodiad wedi digwydd yn y gorffennol, ond na ellid dweud i sicrwydd ym mha gyfnod.

Mae'r holl ffactorau uchod wedi arwain at dirlun geomorffolegol sydd yn gefnlen, achos a chanlyniad i'r prosesau a drafodir yn yr erthygl yma. Mae Ffigwr 2 yn fodel o'r tirlurf hwn yng nghyd-destun yr etifeddiaeth rewlifol. Dengys y model afon sydd yn tarddu ar uwchdiroedd serth (e.e. Eryri, Cadair Idris), neu ar weundiroedd wedi eu gorchuddio â mawn, ac yna'n llifo i'r dyffrynnoedd drwy gyfrwng rhaeadrau, sydd fel arfer yn dynodi'r newid o'r uwchdir i'r tir is. Dengys drawsffurfiad mewn patrwm afonol o afonydd creigwely trwy gyfres o batrymau ymblethol, ystumiol actif ac ystumiol sefydlog y tir is (Lewin, 1997). Gobaith yr erthygl hon yw cynnig gorolwg o'r gwaith geomorffolegol a wnaed ar y tirlun hwn, i esbonio yn gyntaf, ychydig ar ddatblygiad tymor hir y mega-geomorffoleg, yn ail, y prosesau sydd wedi ei ffurfio ac sydd wedi deillio ohono, ac yn drydydd, ymateb afonydd llifwaddodol Cymru i newidiadau hinsoddol a gweithgareddau anthropogenig. Yn amlach na pheidio mae'r agweddau yma yn gorgyffwrdd ac yn rhyng-ddibynnol, ac yn ystod y cyfnod presennol pan mae newid hinsawdd yn bygwth newid patrymau llif a gweithgaredd anthropogenig mewn ffyrdd dramatig, mae dealltwriaeth gynhwysfawr o'r rhyngberthyniad yna yn hollbwysig (Pilling a Jones, 2002).



Ffigwr 2: Gwaddol y Pleistosen ar dirlun afonol Cymru (ar ôl Lewin, 1997)

2. Esblygiad tymor hir y tirlun afonol Cymreig

Ceisio esbonio ffurf trawiadol mega-geomorffoleg Cymru, gyda'i llwyfandiroedd uchel wedi eu dyrannu gan afonydd, fu prif ffocws y rheiny y gellir eu hystyried fel y geomorffolegwyr afonol cyntaf i gyhoeddi gwaith ar Gymru (Lewin, 1997). Cafwyd nifer o gyhoeddiadau yn ail hanner y bedwaredd ganrif ar bymtheg, gwaith Ramsay (1846, 1866, 1876 ac 1881) ar esblygiad daeareg de Cymru yn benodol. Gosododd y gwaith yma gymsail ar gyfer dehongliadau manylach Davisiaidd dechrau'r ugeinfed ganrif o esblygiad y tirlun Cymreig gan O.T Jones (Davis, 1912). Disgrifiad Ramsay (1876) o'r tirlun Cymreig oedd tirlun 'all intersected by unnumbered valleys,' a sylweddolodd fod ei ffurf yn ganlyniad i 'fluvial erosions that have scooped out the valleys' (Ramsay, 1876, t. 223). Cymaint oedd dylanwad gwaith cynnar Ramsay fel yr ysgogodd gyfathrebu rhyngddo a Charles Darwin ynglŷn â rôl cymharol gweithgaredd morol ac afonol (Darwin, 1846). Prif fyrdwn ei waith oedd dadlau bod system traenio de Cymru (a siroedd cyfagos yn Lloegr) wedi cael ei arddodi gan orchudd o'r cyfnod Cretasaidd.

Mae gan batrwm traenio cyfredol Cymru batrwm rheiddiol sydd wedi ei ganoli ar Eryri a'r Carneddau, Pumlumon a Bannau Brycheiniog, ac sydd wedi endorri i arwynebau gwastad yr uwchdiroedd. Ar hyd y ganrif ddiwethaf bu sawl ymgais i geisio esbonio'r ffurf yma, ac mae'r dehongliadau'n amrywio o dreuliant neu wastatáu morol (Jones, 1911; George, 1961, 1974), i brosesau afonol a hindreulio (Brown, 1964; Battiau-Queney, 1980, 1984, 1999), yn aml yng nghyd-destun ymgodi ewstatig a'r adfywiad afonol dilynol. Maent hefyd yn amrywio o ran amserlen, yn bennaf oherwydd fod yna brinder gwirioneddol o ddyddodion y gellir eu dyddio yng Nghymru. Er enghraifft, yn ogystal ag awgrym Ramsay bod y tirlun yn arddangos nodweddion o'r Cretasig, barn Jones (1921, 1948, 1951, 1956) oedd bod y geomorffoleg presennol wedi cael ei ddatgladdu o dirlun diwedd y cyfnod Triasig. Dadleuodd Brown (1960) wedyn o blaid ymgodi cyson yn ystod cyfnod y Neogene, tra dadleuodd George (1961, 1974) o blaid ymgodi episodig yn ystod yr un cyfnod. Dadleuodd Battiau-Queney (1980, 1984 a 1999) hithau o blaid tirlun a oedd dipyn hŷn na'r Neogene, yn ganlyniad i weithgaredd neodectonig a hindreulio yn ystod y cyfnod Cainosöig. Awgrymodd Cope (1994) fod y patrwm traenio rheiddiol yn ganlyniad i fan poeth wedi ei ganoli ym Môr Iwerddon rhwng Ynys Môn ac Ynys Manaw. Y tebygolrwydd yw fod patrwm traenio cyfredol Cymru yn arddangos nodweddion sydd yn gymysgedd o'r uchod, hynny yw bod yna elfennau o'r patrwm sydd yn adlewyrchu patrwm hŷn (mor hen â'r Triasig hyd yn oed), er enghraifft cwrs afon Clwyd ac afon Tywi (Walsh, 2001). Mae gwaith ymchwil yn y maes gan ddefnyddio technegau modelu newydd yn parhau (Rowberry, 2007).

Wrth ystyried datblygiad tymor hir y system afonol yn ystod y cyfnod Cwaternaidd, mae nifer o brosesau a dylanwadau pwysig wedi derbyn sylw – dylanwadau amrywiol y cyfnodau rhewlifol, afonladrad ac adnewyddiad yn benodol. Soniwyd eisoes am rôl rhewlifoedd fel tarddiad dyddodion presennol afonydd Cymru ac at ddylanwad tiffurfuriau rhewlifol ar batrwm afon. Yn ogystal, gwelir dylanwad rhewlifoedd yn y ceunentydd niferus sydd wedi ymfurfio ar hydau llawer iawn o afonydd Cymru. Yr enghraifft sydd wedi derbyn y mwyaf o sylw yw'r gyfres o geunentydd ar afon Teifi – Aberteifi, Cilgerran, Cenarth, Castellnewydd Emlyn, Henllan, Allt-y-Cafan, Llandysul, Craig Gwrtheyrn a Llanllwni (Higgs, 1997). Esboniad Charlesworth (1929) a Jones (1965) oedd presenoldeb 'Llyn Teifi', ger aber yr afon yn ystod yr Oes

Gorgyfnod	Cyfnod	Epoc	Oedran (Ma)	
Cainosöig	Cwaternaidd	Holosin	0.01	
		Pleistosen	1.64	
	Cenosöig	Neogene	Pliosen	5.2
			Miosen	23.3
		Paleogene	Oligosen	35.4
			Ëosen	56.5
			Paleosen	65.0
Mesosöig	Cretasaidd	Senonaidd	88.5	
		Galaidd	131.8	
		Neocomaidd	145.6	
	Jurasig	Malm	157.1	
		Dogr	178.0	
		Lias	208.0	
	Triasig	Hwyr	235.0	
		Canol	241.1	
		Sgythiaidd	245.0	
Paleosöig	Permaidd	Zechstein	256.1	
		Rotliegend	290.0	
	Carbonifferaidd / Oes y Glo	Pensylfanaidd	Steffanaidd	303.0
			Westffalaidd	318.3
		Mississipiiaidd	Namwraidd	332.9
			Fiseaidd	349.5
			Trwnasaidd	362.5
	Dyfnentaidd	Hwyr	277.4	
		Canol	386.0	
		Cynnar	408.5	
	Silwraidd	Pridoli	410.7	
		Llwydlo	424.0	
		Gweunllwg	430.4	
		Llanymddyfri	439.0	
	Ordofigaidd	Ashgill	443.1	
		Caradog	463.9	
		Llandeilo	468.6	
		Llanvirn	476.1	
		Arenig	493.0	
Tremadog		510.0		
Cambriaidd	Meirionnydd	517.2		
	Tyddewi	536.0		
	Caerfai	570.0		
Oes		570.0		
Proterosöig		2500		
Archeaidd		4000		
Priscoaidd		4560		

Ffigwr 3: Amser daearegol (ar ôl Harland et al., 1989)

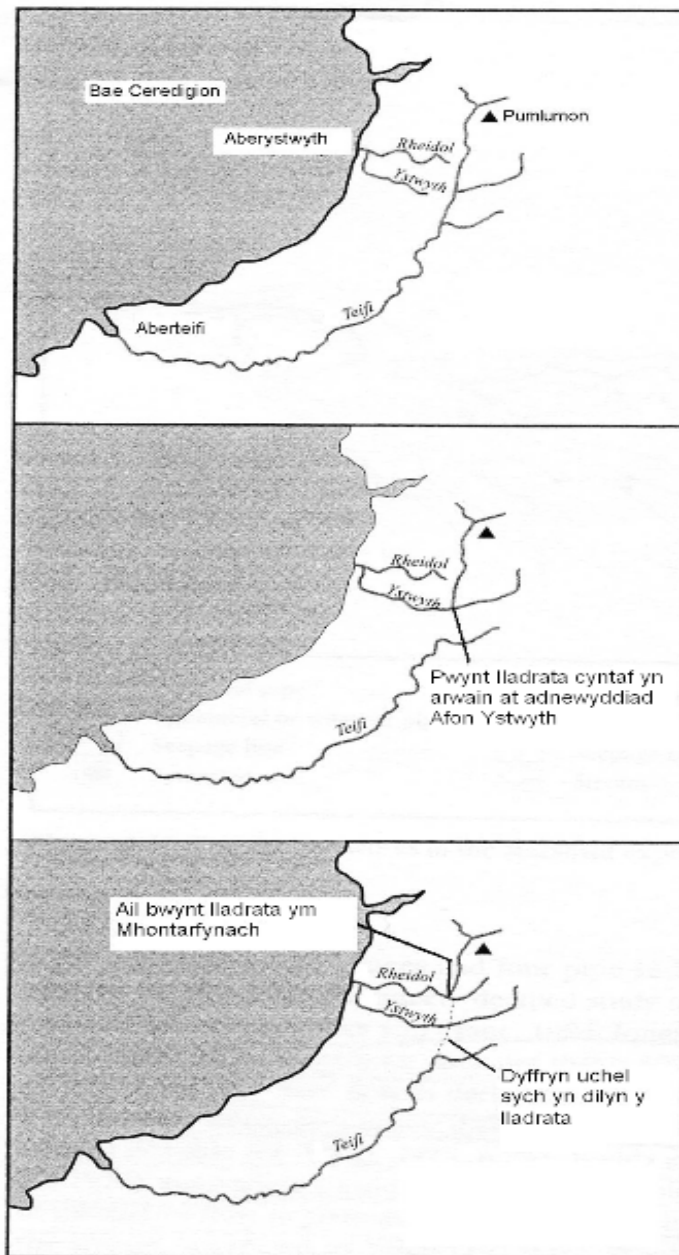
lâ ddiwethaf, gyda Llen lâ lwerddon yn ymddwyn fel argae, a ryddhaodd cyfaint o ddŵr tawdd yn gyflym iawn gan arwain at greu ceunentydd yn y til ar lawr y dyffryn. Bwriwyd amheuaeth ar hyn gan waith Bowen (1967), ac yn ddiweddarach gan Price (1977), Bowen a Lear (1982) a Lear (1986), ar sail y ffaiith nad oedd tystiolaeth ddigonol ar gyfer presenoldeb Llen lâ lwerddon yn yr ardal, ymysg rhesymau eraill. Awgrymwyd theori arall ganddynt, sef bod patrwm traenio'r Teifi wedi cael ei arddodi o afonydd mewn- ac is-rewlifol. Byddai llifoedd o'r fath yn tueddu i anwybyddu ffurf ystumiol llawr y dyffryn a chymryd y llwybr hawsaf ar eu traws gan ffurfio'r ceunentydd (Bowen, 1967).

Digwydda afonladrad pan fo system traenio un afon yn 'lladrata' dyfroedd (gan amlaf rhagnentydd) system traenio afon arall yng nghwrs esblygiad naturiol y rhwydwaith traenio. Digwydd hyn fel arfer pan fo un system yn medru erydu tua phen y dyffryn ynghynt na'r system arall am nifer o resymau (hinsoddol a thectonig er enghraifft). Mae hyn yn arwain at fyrhau'r system a ladratwyd, at greu dyffrynnoedd sych lle arferai'r afon lifo a chnicynnau ym mhroffil yr afon, ac at roi egni ychwanegol i'r afon sy'n lladrata (adnewyddiad). Adroddwyd am nifer o enghreifftiau o hyn yn y llenyddiaeth – mae Howe a Thomas (1963) yn adnabod pedwar cnicyd yn Nyffryn Llugwy o ganlyniad i afonladrad gan afon Conwy a oedd yn erydu ar hyd ffawt rhwng creigiau Ordofigaidd a Silwraidd, ac mae Higgs (1997) yn adnabod rhai ar afon Lledr ac afon Machno, eto o ganlyniad i afonladrad gan afon Conwy.

Gwelwyd enghreifftiau eraill ar afon Twymyn a'i llednentydd ger Dylife ym Mhowys (Millward a Robinson, 1978; Higgs, 1997), afonydd mewn amgylchedd carstig fel afon Hepste a Mellte (a ladratwyd gan afon Nedd oddi wrth afon Taf; North, 1962; Thomas, 1974), ac, yn fwyaf nodedig efallai, lladrata rhagnentydd y Teifi gan y proto-Ystwyth yn gyntaf, ac yna gan afon Rheidol (Howe a Thomas, 1963). Ceir tystiolaeth o'r afonladrata yma ym Mhontrhydygroes ar afon Ystwyth, ar afon Rheidol ym Mhontarfynach ac yn y dyffryn sych sydd rhwng dalgylchoedd Ystwyth a Theifi (gweler Ffigwr 4).

3. Astudiaethau proses

Mae astudiaethau o brosesau geomorffolegol yn unig, hynny yw, astudiaethau o fecanweithiau ffisegol a gwyddonol prosesau geomorffolegol heb eu cysylltu â meysydd ehangach fel ymateb i newidiadau hinsoddol ac anthropolegol, yn niferus ar afonydd Cymru. Yn anad dim mae hyn o ganlyniad i benodiad yr Athro John Lewin i Adran Ddaeryddiaeth (Sefydliad Ddaeryddiaeth a Gwyddorau Daear) Prifysgol Cymru Aberystwyth yn y 1960au, a gwaith ei fyfyrwyr ymchwil niferus yntau, yn enwedig yr Athro Mark Macklin a Dr Paul Brewer, a benodwyd i'r adran yn y 1990au. Mae dealltwriaeth o broses yn sail i astudiaethau mewn meysydd ehangach ac, o ganlyniad, darganfuwyd llawer iawn am natur prosesau mewn gwaith maes yng Nghymru ar brosiectau a oedd yn astudio ymateb i newid hinsawdd er enghraifft. Yn yr adran hon cyflwynir gorolwg o rai o'r priif faterion proses penodol y rhoddwyd sylw iddynt, ac fe ystyrir ymateb afonol i newid hinsawdd a gweithgaredd anthropolegol yn yr adrannau dilynol. Er hyn, rhaid cadw'r goryffwrdd cynhenid rhwng y meysydd hyn mewn cof.



Ffigwr 4: Afonladrata rhagnentydd afon Teifi gan y proto-Ystwyth ac afon Rheidal (ar ôl Howe a Thomas, 1963 a Higgs (1997))

Gwnaed gwaith arloesol ar bibelli pridd ym masn Maesnant ar lethrau Pumlumon gan Jones (1971, 1981a, 1984, 1987), Gilman a Newson (1980), a Wilson a Smart (1984). Mae pibelli pridd yn sianelli sydd yn datblygu'n isarwynebol o ganlyniad i wahaniaethau yn natur ymdreiddio haenau o bridd. Maent fel arfer yn datblygu mewn amgylcheddau cras a led-gras, felly roedd y corff hwn o waith yng Nghymru yn cynrychioli datblygiad sylweddol yn y maes. Yn ogystal â darganfod fod rhwydwaith pibelli pridd yn medru arwain at ehangu cwmpas y rhwydwaith traenio cyffredinol, gwelwyd bod y rhwydwaith pibelli hwn yn medru cyfrannu'n sylweddol at natur ymateb unrhyw ddalgylch i ddyodiad

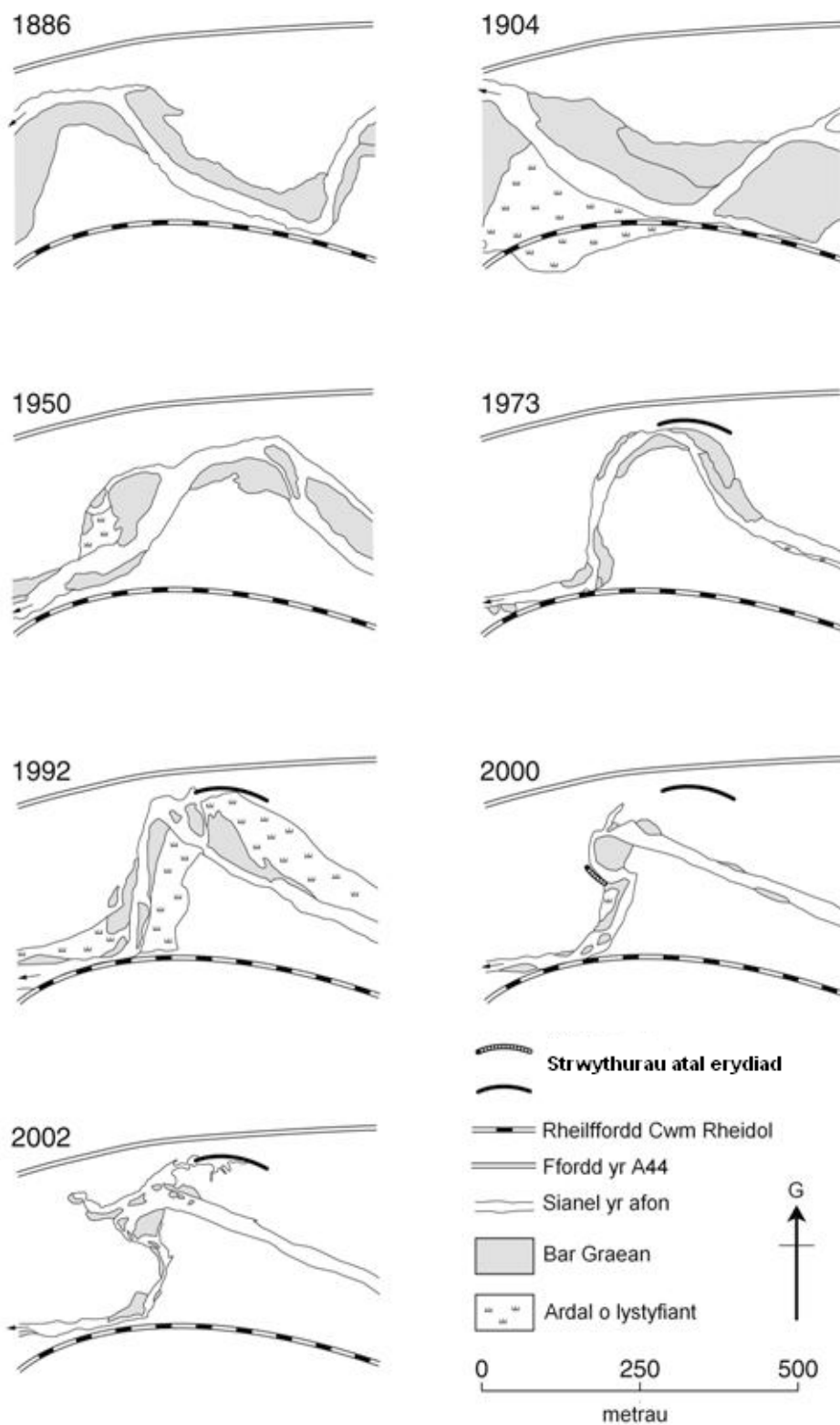
(Jones, 1984). Darganfuwyd hefyd eu bod yn ffynonellau pwysig o lwyth crog i afonydd, ac mewn rhai achosion eu bod yn medru achosi cyfraddau uwch o erydiad yn y sianeli isawyrol ymhellach i lawr yn y system (Jones, 1987).

Un o'r prif feysydd ymchwil sydd yn ymwneud â phroses yw'r gwaith ar ddeinameg sianeli afon, erydiad llorweddol, a newid planfform. Mae hyn wedi ymestyn o'r raddfa fach, er enghraifft gwaith Bathurst (1979) ar ddsbarthiad straen croesym ar ffiniau sianel a dylanwad ceryntau eilaidd, i raddfa ehangach, er enghraifft gwaith Brewer *et al.* (2000) a Gittins *et al.* (2004) ar batrymau rhanbarthol o newid mewn arwynebedd Dyddodion Afonol Gweladwy (DAG). Mae hyn wedi cynnwys defnyddio dulliau sydd yn amrywio o ddefnyddio arsylwi uniongyrchol gan ddefnyddio GPS gwahaniaethol, LiDAR (light detection and ranging), mapiau hanesyddol ac awyrluniau y gellid eu digideiddio a'u troshaenu mewn rhaglen gyfrifiadurol fel ArcGIS a systemau gwybodaeth ddaearyddol eraill. Gan fod mapiau hanesyddol (o raddfeydd a chywirdeb amrywiol) yn bodoli ers tua 120 mlynedd ar nifer o afonydd Cymru, mae'r dechneg yma'n cynnig cofnod hirdymor o newid planfform ac felly mae wedi tyfu yn ddull poblogaidd ym maes geomorffoleg afonol. Galluogodd asesiad o batrymau a graddfeydd erydiad llorweddol ar raddfa'r dalgylch a'r rhanbarth (Brewer *et al.*, yn y wasg).

Gwnaed cyfran helaeth o'r gwaith cynnar ar batrymau a graddfeydd newid planfform ar afonydd Cymru, yn enwedig felly ar afonydd Rheidol, Ystwyth a Hafren (Lewin, 1972, 1976, 1977, 1978, 1983, 1987; Lewin a Brindle, 1977; Lewin a Hughes, 1976; Lewin *et al.*, 1977) ac ar afon Tywi (Lewin a Hughes, 1976; Blacknell, 1982), afon Dyfrdwy (Gurnell, 1997; Gurnell *et al.*, 1993; Gurnell *et al.*, 1994), afon Llugwy (Powys) (Blacknell, 1980) ac afon Dyfi (Lewin a Hughes, 1976). Yn y cyfnod cynnar hwn, canolbwyntiwyd ar ail-greu deinameg hanesyddol hydau byrion o afonydd Cymru a bu hyn gyfrifol am ddatblygiad nifer o'r cysyniadau sylfaenol yn y maes, yn enwedig felly dechreuadau ffurfiau gwely. Disgrifiwyd hyn yn gyntaf gan Lewin (1976) ar hyd o afon Ystwyth a sythwyd ger Llanilar. Disgrifiodd Lewin (1972, 1978) sut oedd ystumiau wedyn yn datblygu yng Ngelli Angharad ar afon Rheidol (Ffigwr 5) ac ar afon Tywi. Yn y gwaith yma arsylwyd bod ystumiau yn medru esblygu dros amser trwy brosesau o ymestyn (cynyddu mewn cylchran), cyfieithiad (mudo isafon) a thyfiant (cynyddu maint eu tonfeddi). Gwnaeth gwaith Blacknell (1982) ddisgrifio morffoleg bariau ar afon Tywi, ac mi wnaeth Smith (1987, 1989) waith gwerthfawr ar ddisgrifio math newydd (ar y pryd) o far, sef bar gwrthbwynt, a oedd yn datblygu ar ochr allan ystum (yn groes i'r patrwm arferol). Disgrifiwyd y modd y cyfyngir ar ystumio a newid planfform hefyd gan Lewin a Brindle (1977), gan sylwi bod tri math o gyfyngiad – creigwely ochrau'r dyffryn; ffurfiau dyddodol o gyfnodau rhewlifol, ffinrewlifol neu gyfredol; a strwythurau anthropogenig. Cyfrannodd y ffactor olaf at leihau gofod ystumio gorlifdiroedd afonydd Rheidol ac Ystwyth 32.7 y cant a 43.1 y cant.

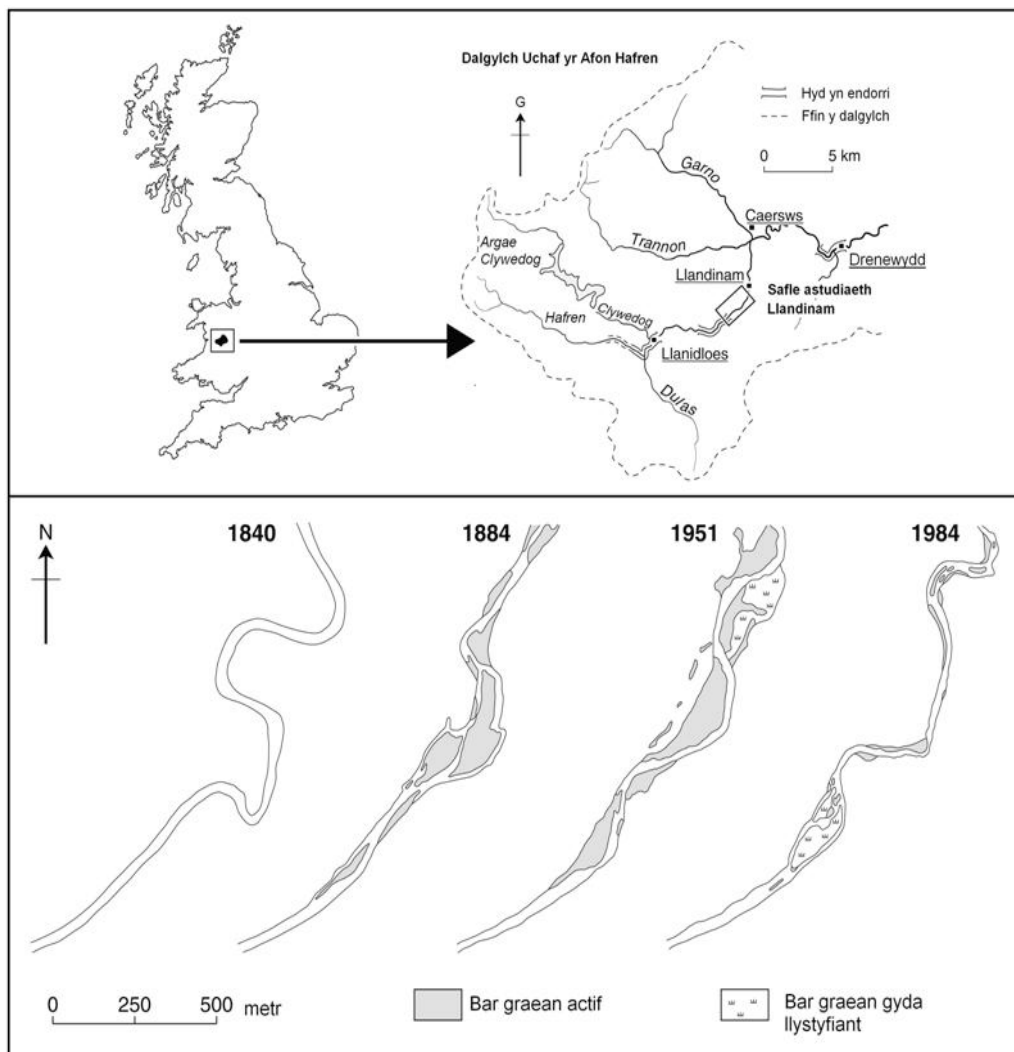
Mae newid planfform ar afonydd yn cael ei reoli gan newidiadau mewn llif (e.e. newidiadau mewn maint ac amledd llifogydd), nodweddion ffiniau'r sianel (e.e. cyfansoddiad y glannau), cyfraddau cyflenwad a chludiant dyddodion a'r cyfyngiadau a nodir uchod (Brewer *et al.*, yn y wasg; Lewin a Brindle, 1977; Lawler, 1984).

Gweithgaredd hydrologig yw'r brif broses sydd yn achosi erydiad y glannau yng Nghymru – wrth i arllwysiad gynyddu, mae cyflymder y llif a straen croesym ar



Ffigwr 5: Newid planfform ar afon Rheidol yng Ngelli Angharad rhwng 1886 a 2000, gan ddangos yr ystum yn datblygu ac yn mudo isafon (ar ôl Brewer et al., yn y wasg)

ffiniau'r sianel yn cynyddu. Wrth i hyn ddigwydd, llusgludir gronynnau o'r glannau gan arwain at erydiad. Mae gan nifer o afonydd Cymru lannau cyfansawdd, hynny yw sail o raean anghydlynol o dan haenen drwchus o ddyddodion mân cydlynol. Erydir y graean yn haws na'r dyddodion mân, ac felly mae'r glannau'n erydu mewn modd cantilifer (Thorne a Lewin, 1979). Wrth i hyn ddigwydd bydd ystumiau'n datblygu hyd at bwynt lle mae gwddf yr ystum yn cael ei dorri gan greu ystumllynnoedd. Gwnaed arolwg cynhwysfawr gan Lewis a Lewin, (1983) o 964km o ddyffrynnoedd Cymru, gan adnabod 145 toriad gwahanol, 45 y cant o'r nifer yna wedi digwydd ers diwedd y bedwaredd ganrif ar bymtheg, a'r mwyafrif wedi digwydd yn hydau canolig afonydd Cymru lle mae cyfraddau erydiad llorweddol ar eu mwyaf.



Ffigwr 6: Newid planfform ar afon Hafren ger Llandinam, 1840–1984 (ar ôl Brewer et al. yn y wasg)

Ers y gwaith cynnar hwn mae'r ffocws wedi symud i geisio esbonio amrywiaethau mewn cyfraddau a phatrymau newid planfform a phatrymau o drosglwyddiad dyddodion. Eto

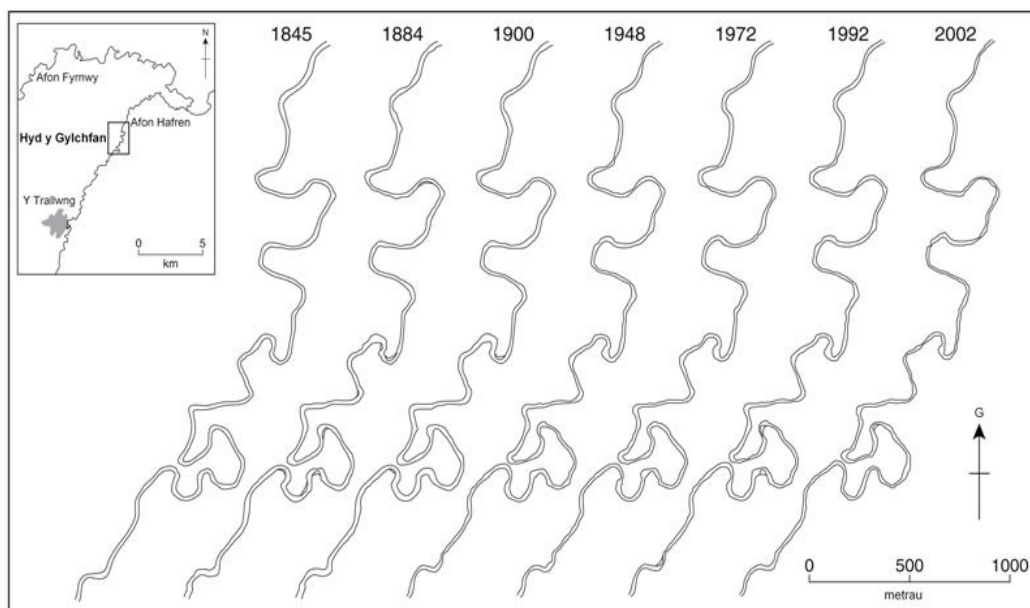
mae hyn wedi ymestyn o ran graddfa o ymchwil ar y newid sydd yn digwydd i dyddodion wrth iddynt gael eu cludo yn yr afon (Brewer a Lewin, 1993) i astudiaethau ar raddfeydd gofodol ac amseryddol tipyn ehangach (Brewer a Lewin, 1998; Brewer a Passmore, 2002). Pwnc gwaith Brewer a Lewin, (1998) oedd astudio newidiadau tymor byr a hirdymor ar gyfer hyd ansefydlog o afon Hafren ger Llandinam. Newidiodd yr hyd 2km yma yn ôl ac ymlaen rhwng cyfnodau o ymblethu (1884–1903, 1975– presennol) a chyfnodau o ystumio (1836–1840, 1948–1963) (gweler Ffigwr 6). Canfuwyd bod cyfnodau o ymblethu yn cael eu cychwyn gan lifogydd (ffactor ecstrinsig), ond bod graddiant y sianel a natur ddyddodol y gorlifdir (ffactorau intrinsig) yn bwysig wrth baratoi yr hyd am gyfnod o ansefydlogrwydd. Rheolir ansefydlogrwydd ar hyn o bryd gan argae Clywedog, a adeiladwyd yn y 1960au. Effaith hyn yw bod yr hyd wedi ei 'rewi' mewn patrwm o ymblethu.

Mae'r hyd o afon Hafren ger Llandinam wedi bod yn faes ymchwil hynod gyfoethog i geomorffolegwyr ar hyd y blynyddoedd. Yn ogystal â'r gwaith a drafodir uchod, bu'r ardal o gwmpas Llandinam yn safle i waith Bathurst (1979), Bathurst *et al.* (1977, 1979), Thorne a Hey (1979) ar gylchrediadau eilaidd a dosbarthiad straen croesrym; gwaith ar gludiant dyddodion gan Hey (1980, 1986), Newson (1980), Arkell *et al.* (1983), Leeks (1983, 1986), Newson a Leeks (1987), Meigh (1987); erydiad afonol – Thorne a Lewin (1979), Thorne a Tovey (1981), a Lawler (1992) a arloesodd gyda'r defnydd o'r Photo Electric Erosion Pin. Gwnaed gwaith ar hanes dyddodol a phatrwm sianel gan Thorne a Lewin (1979), Hey (1980), Hey *et al.* (1981), ac effaith sianeleiddio, cynlluniau rheoli llif a newid amgylcheddol gan Hey (1980; 1986), Higgs (1987), Higgs a Petts (1988), Leeks (1986) a Leeks *et al.* (1986). Gwnaed gwaith ychydig isafon yng Nghaersws ar gyflymderau tonnau o lif a dyddodion yn ystod llifogydd gan Bull (1997) yn ogystal â gwaith Maas *et al.* (2001) ar ymateb i newidiadau hinsoddol. Yn ogystal â'r hyd yma, ailystyriwyd peth o'r gwaith a wnaed ar ystum Gelli Angharad gan Brewer *et al.* (2004), gan ddod o hyd i rai o'r rheolaethau y tu ôl i'r patrymau a nodwyd gan Lewin (1972, 1978), sef amrywiaethau arllwysiad, crymder yr ystum, a chyfansoddiad y glannau (gweler Ffigwr 5).

Yn ogystal â'r penodiadau a nodwyd ynghynt, bu sefydlu prosiect sylweddol iawn o'r Institute of Hydrology ym Mhenffordd-lâs, Powys (The Plynlimon Catchment Experiment), dan ofal yr Athro Malcolm Newson a Dr Graham Leeks ymysg eraill, gyda'r bwriad o astudio effeithiau hydrolegol coedwigaeth yn yr uwchdiroedd ym 1968, hefyd yn gyfrifol am gorff geomorffolegol eang iawn ar symudiad dyddodion ac erydiad. Mae'r prosiect yn enghraifft o arbrawf lle cymherir dau ddalgylch (afon Hafren ac afon Gwy) sydd yn rhannu nodweddion morffolegol a hinsoddol cyffredin, heblaw'r ffaith bod dalgylch afon Hafren wedi ei goedwigo, a bod dalgylch afon Gwy wedi ei orchuddio â phorfa. Cymharwyd is-ddalgylchoedd afon Tanllwyth (Hafren) ac afon Cyff (Gwy), a ddangosodd amrywiaethau sylweddol mewn llwyth crog a llwyth gwely o ganlyniad i goedwigaeth. Un o'r prif ganlyniadau oedd bod llwythi mewn dalgylchoedd wedi goedwigo dipyn uwch na'r hyn a ddisgwyliid oherwydd bod erydiad o ffosydd traenio yn gysylltiedig â'r fforestydd yn negydu effaith sefydlogi gan wreiddiau a rhyngdorri gan ddail y coed, a fyddai fel arfer yn lleihau llwythi dyddodol (Newson, 1979; Newson, 1980a; Kirkby *et al.*, 1981; Stott, 1999; Mount *et al.*, 2005).

Yn ogystal â'r astudiaethau uchod o ansefydlogrwydd ac erydiad llorweddol, ceir rhai astudiaethau sydd wedi arddangos hydau ble mae sefydlogrwydd planfform, yn aml ar

ffurf sianel ystumiol, dolennog yn gyffredin. Weithiau gall hyn fod o ganlyniad i atal ystumio gan ddaear, ochrau'r dyffryn neu fesurau rheolaeth ond, weithiau, fel yn achos afon Hafren isafon o'r Trallwng (Brewer *et al.*, 2005) ac afon Dyfrdwy rhwng Bangor Is-coed a Farndon (Gurnell 1997; Gurnell *et al.*, 1994) ceir sefydlogrwydd mewn ardaloedd lle mae potensial uchel ar gyfer erydiad. Yn achos y Trallwng (Ffigwr 7) dangoswyd fod yr hyd wedi bod yn weithgar yn llorweddol dros y 7ka diwethaf, ond ei fod wedi ei 'rewi' yn y cyflwr sefydlog yma o ganlyniad i ddyddodiad cyflym o ddyddodion mân a gychwynnodd yn yr Oesoedd Canol. Yn achos afon Dyfrdwy, ceir ystumiau sydd wedi bod yn sefydlog ers canol y bedwaredd ganrif ar bymtheg, a chanfuwyd bod sefydlogrwydd yn cynyddu isafon o ganlyniad i leihad mewn graddiant ac effaith Cored Caer.



Ffigwr 7: Patrwm sianel afon Hafren isafon o'r Trallwng, 1845–2002 ar ôl Brewer *et al.* yn y wasg

Wrth i astudiaethau o batrwm a chyfraddau newid planfform fynd rhagddynt, mae nifer o bynciau wedi blodeuo yn gyfamserol o ganlyniad. Er enghraifft, gwnaed llawer iawn o waith ar forffoleg a geometri gorlifdiroedd a'r prosesau sydd yn digwydd arnynt ar afonydd Tywi, Teifi, Ystwyth, Rheidol, Hafren, Twymyn, Dyfrdwy a Tefaidd gan Lewin a Manton (1975), Lewin a Hughes (1980), Lewin (1978b, 1982, 1992), a Brown (1983). Yn ogystal â chyhoeddi sawl arolwg o brosesau ffurfiannol gorlifdiroedd (Lewin, 1992) a'u geomorffoleg (Lewin, 1978b), canfuwyd bod gorlifdiroedd yn amgylcheddau geomorffolegol sensitif a deinamig a bod eu geometri yn rheolydd pwysig ar symudiad dŵr adeg llifogydd (Lewin a Hughes, 1980). Ailedrychwyd ar y maes yn ddiweddar gan Brewer *et al.* (2005), ble cafwyd arolwg o'r technegau newydd sydd ar gael i ragfynegi perygl llifogydd fel LiDAR (Jones *et al.*, 2007) a modelu geomorffolegol soffistigedig (Coulthard a Macklin, 2001; Coulthard *et al.*, 2005; Coulthard a van de Wiel, 2006; van de Wiel, 2007). Yn yr astudiaeth nodwyd bod rhai o'r technegau a ddefnyddiwyd i greu mapiau perygl llifogydd Asiantaeth yr Amgylchedd yn amcangyfrif yn rhy isel

o ran yr ardaloedd o orlifdiroedd mewn perygl, a bod y technegau geomorffolegol diweddaraf yma yn medru bod yn gymorth trwy gynnig modelau sydd yn gwerthfawrogi natur newidiol gorlifdiroedd. Defnyddiwyd toreth o astudiaethau achos o Gymru mewn arolygon o erydiad a dyddodiad (Tywi ac Ystwyth; Lewin, 1981) ac ar rôl llifogydd yn siapio geomorffoleg afonol (afon Efyrynwy; Lewin, 1989).

Wrth i wybodaeth geomorffolegol gynyddu, mae nifer o ddatblygiadau rhyngddisgyblaethol wedi codi. Efallai mai'r enghraifft fwyaf diddorol yw cydweithio gydag archeolegwyr. Er bod yna botensial ar gyfer llawer iawn mwy o waith yn y maes, gwnaed gwaith gwerthfawr eisoes (Hosfield a Chambers, 2004; Macklin *et al.*, 2004). Yn ystod cyfnod o lifogydd yn Buttington ger y Trallwng, cafwyd hyd i strwythur pren o dan tua 3m o lifwaddod, yn dyddio o'r ddeuddegfed ganrif. Trwy ddefnyddio arsylwi a mapio geomorffolegol a geoffisegol (Ground Penetrating Radar) ceisiwyd ail-greu patrwm afonol afon Hafren ar y safle er mwyn canfod lleoliad Clawdd Offa yn y gorffennol (gan fod Buttington yn safle lle mae union lleoliad y ffin yn dal yn ddadleuol), ac i geisio dod o hyd i union bwrpas y strwythur a gladdwyd ar lannau'r afon (Macklin *et al.*, 2004). Mae ymchwil geoffisegol ar waith ger safle caer Rufeinig Caerleon ar hyn o bryd gan staff Sefydliad Daeryddiaeth a Gwyddorau Daear Prifysgol Aberystwyth hefyd, er mwyn ceisio ail-greu patrwm yr afon yn ystod y cyfnod Rhufeinig. Pwrpas hyn yw i geisio deall sut oedd pobl yn y gorffennol yn medru ymdopi gyda byw mor agos at afonydd a oedd yn dioddef o lifogydd.

4. Esblygiad systemau afonol i newidiadau amgylcheddol (hinsoddol ac anthropolegol) yr Holosîn

Mae rhai o afonydd Cymru ymysg y mwyaf deinamig yn y Deyrnas Unedig (Brewer *et al.*, yn y wasg), ac mae cyfradd a phatrymau eu hymateb i newidiadau hinsoddol yr Holosîn wedi bod yn faes ymchwil sylweddol i geomorffolegwyr. Yn ddiweddar, mae'r maes yma wedi datblygu pwysigrwydd ehangach, o ystyried pryderon am newid hinsawdd y dyfodol.

O ganlyniad i'r ffaith fod newidiadau hinsoddol yr Holosîn wedi bod ar raddfa tipyn llai na newidiadau'r Pleistosen, ac oherwydd bod gweithgaredd anthropogenig ar ffurf newid defnydd tir wedi digwydd yn ystod y 5ka diwethaf, mae eu dylanwad ar ymddygiad afonol yn anodd i'w ddehongli (Macklin a Lewin, 1993). Yn wir, hyd at y pymtheg mlynedd diwethaf tadogwyd newidiadau afonol yr Holosîn ar weithgaredd anthropogenig yn unig (Bell, 1982; Burren a Scaife, 1988), hyd nes i waith Macklin a Needham (1992), Macklin a Lewin (1993), Macklin (1999) a Macklin a Lewin (2003) awgrymu bod rôl hinsawdd wedi ei danbriso. Yn arbennig, dangosodd gwaith Macklin a Lewin (1993) a Macklin *et al.* (2005), fod newidiadau sylweddol mewn tymheredd a dyddiad yn ystod yr Holosîn, er yn llai na newidiadau'r Pleistosen, wedi effeithio ar faint ac amledd llifogydd ac felly wedi arwain at newidiadau afonol sylweddol. Mae ymchwil diweddar wedi dangos bod systemau afonol Cymru (a Phrydain yn gyffredinol) yn fwy sensitif i newidiadau bychain, byr-dymor mewn hinsawdd nag a dybid yn flaenorol, yn enwedig felly dalgylchoedd yn yr uwchdiroedd. Yma mae llethrau serth, egni afon uchel a chyplysu rhwng y llethr a'r sianel, yn golygu bod y sianeli eu hunain yn ymateb yn gyflymach i adegau o lifogydd a achoswyd gan hinsawdd (Macklin *et al.*, 1992; Passmore *et al.*, 1993; Brown, 2003).

Yn ystod yr Holosîn cynnar, gwelwyd cyfraddau uchel o endorri o ganlyniad i newidiadau hinsoddol a chyflenwad sylweddol is o ddyddodion. O ganlyniad, gwelir nifer o derasau graean o'r cyfnod blaenorol (y Pleistosen Hwyr) mewn sawl dyffryn yng Nghymru, er enghraifft afon Dyfi (Thomas *et al.*, 1982; Johnstone, 2004) ac afon Rheidol (Macklin a Lewin, 1986). Yn anffodus mae yna brinder o derasau neu unedau dyddodol wedi cael eu cadw o'r Holosîn cynnar, un ai o ganlyniad i gyfraddau uchel o ailweithio llorweddol a fyddai'n chwalu'r terasau yma (Lewin a Macklin, 2003), neu o ganlyniad i gyfnod hir o dawelwch yn ystod sefydlogrwydd hinsoddol a gorchudd eang o goedwigoedd (Macklin a Lewin, 1993). Fodd bynnag, yn yr Holosîn canolig-hwyr, mae cyfnodau episodig o agrydyddu ar lawr dyffrynnoedd wedi cael ei arosod ar y patrwm hirdymor o endorri. Arweiniodd hyn at ddatblygiad 'grisiau' o derasau afonol mewn nifer o systemau, fel afon Hafren (Taylor a Lewin, 1996, 1997), afon Rheidol (Macklin a Lewin, 1986) ac afon Dyfi (Johnstone, 2004). Yn aml iawn, mae'r cyfresi hyn o derasau, a ddehonglir gan ddefnyddio ystod eang o dechnegau geomorffig, dyddodol a dyddio radicarbon, yn arddangos y modd cymhleth y mae afonydd Cymru wedi ymateb i newidiadau hinsoddol, ac yn amlach na pheidio i weithgaredd anthropogenig hefyd. Yn ystod yr Holosîn, roedd y rhain yn cynnwys datgoedwigo ar gyfer pori a thyfu cnydau (Macklin a Lewin, 1986; Taylor a Lewin, 1996), a mwynloddio metelau trwm (Lewin *et al.*, 1983).

Yn ystod y chwarter canrif ddiwethaf datblygodd corff eang o waith ar yr afonydd uchod yng nghanolbarth Cymru, sy'n delio gydag ymatebion y systemau hynny i newidiadau hinsoddol. O ganlyniad, gellid asesu'r hyn sydd yn gyffredin a'r hyn sydd yn wahanol am eu hymatebion, ac asesu i ba raddau oedd ymateb y systemau gwahanol yn gydamserol. Gwelwyd nifer o derasau yn y systemau y gellid eu cysylltu â'r un cyfnod o amodau hinsoddol. Er enghraifft, mae 'Teras 1' yn nyffryn Dyfi, sydd tua 20m uwchlaw'r sianel bresennol (Johnstone, 2004), yn gysylltiedig â therasau cymharol yn Aberffwrdd yn nyffryn Rheidol (Macklin a Lewin, 1986), ac yn nyffryn Clarach (Heyworth *et al.*, 1985). Trwy ddyddio radiocarbon a thystiolaeth ddyddodol, cysylltwyd y terasau yma gyda dyddodion allolchi rhewlifol-afonol diwedd y Pleistosen Hwyr. Ceir ail deras yng Nghapel Bangor ac Aberffwrdd ar yr Afon Rheidol y gellid ei gysylltu gyda theras yn Nyffryn Dyfi a ffurfiwyd gan sianel ymblethol yn ystod Stadial Loch Lomond. Yn anffodus, un teras yn unig y gellid ei adnabod yn nyffryn Hafren a oedd yn dyddio o'r cyfnod yma, eto yn gysylltiedig ag allolchi afonol, yn nghyffres y Trallwng (Taylor a Lewin, 1996).

Gwelir tueddiad tebyg gyda therasau o'r Holosîn, gyda'r Dyfi a'r Rheidol yn parhau i arddangos patrymau tebyg o ymateb. Er enghraifft, cysylltir terasau Maes Bangor ar afon Rheidol (tua 4m uwchlaw'r sianel gyfredol) â 'Teras 3' yn afon Dyfi a oedd yn weithredol ~3700 cal. CP. Mae sawl teras arall o uchderau is na hyn rhwng y ddau system, er enghraifft yng Nghapel Bangor a Rhiw Arthen ar Afon Rheidol, yn gysylltiedig â gwahanol fathau o systemau afonol. Eto, mae cydgyfeirio terasau rhwng y ddwy system yma ac afon Hafren wedi profi'n anodd, er bod gwaith gan Taylor a Lewin (1996), wedi dangos bod modd cysylltu un teras hyn yn y dyffryn â theras Capel Bangor yn nyffryn Rheidol a 'Teras 4' yn nyffryn Dyfi ac un iau â 'Teras 5' yn nyffryn Dyfi. Profodd gwaith Maas *et al.* (2001), fodd bynnag, fod modd canfod terasau o'r un oedran ac yn gysylltiedig â'r un amgylchedd ddyddodol mewn rhannau gwahanol o'r un system ar afon Hafren (Caersws a'r Trallwng).

I grynhoi, felly, gellir dweud bod afonydd Rheidol a Dyfi wedi arddangos tebygrwydd yn eu hymddygiad yn ystod y Pleistosen Hwyr a'r Holoſin, sydd yn awgrymu ymateb tebyg i newidiadau amgylcheddol ar raddfa ranbarthol (Brewer *et al.*, yn y wasg). Mae'n debyg bod newid hinsawdd wedi chwarae rhan allweddol yn natblygiad lloriau'r dyffrynnoedd hyn, er bod gwaddodion mân yn gysylltiedig â newid mewn defnydd tir cydamserol i'w gweld ar derasau yn y ddwy system. Nid yw'r ymateb yn nalgylch yr Hafren mor gydgyfeiriol, fodd bynnag (Taylor a Lewin, 1996), ac o ystyried pa mor agos yw'r dalgylchoedd, ystyrir newid mewn patrymau defnydd tir (datgoedwigo a datblygiad amaethyddiaeth er enghraifft), a gwaddol amrywiol y Pleistosen Hwyr fel prif yrwyr y gwahaniaeth hwn.

Dengys gwaith Taylor a Lewin (1996) ar gyfres o derasau yn y Trallwng, mai yn ystod y 200–300 mlynedd diwethaf y gwelwyd datblygiad mwyaf arwyddocaol ar orlifdir afon Hafren yn ystod yr Holoſin. Dengys hefyd fod hyn o ganlyniad i gyfuniad o fwyngloddio metelau trwm, datblygiad amaethyddiaeth a phori anifeiliaid, ac effeithiau hydro-hinsoddol yr Oes Iâ Fach. Yn anffodus, profodd yn anodd tu hwnt i wahaniaethu rhwng, ac i feintoli cyfraniadau'r amrywiaeth yma o ddylanwadau, ond gellid dweud â sicrwydd eu bod yn bendant yn arwain at wahaniaethau mewn ymateb i newidiadau hinsoddol. Er enghraifft, mewn papur ar waith ymchwil yn ardal cydlifiad afon Tanat ac afon Efyrynwy, dwy system a fyddai wedi profi amgylchiadau hinsoddol hynod o debyg ar hyd yr Holoſin, gwelwyd bod afon Efyrynwy wedi bod yn fertigol sefydlog dros y 4ka diwethaf, tra bod afon Tanat wedi profi cyfnodau o endorri ac agrydyddu (Taylor a Lewin, 1997). Awgrymir bod crynodiad o weithgaredd anthropogenig yr Oes Efydd, yr Oes Haearn a'r Oes Rufeinig yn nalgylch afon Tanat wedi cyfrannu at ymateb mwy amrywiol a chymhleth nag a gofnodwyd yn nalgylch afon Efyrynwy, er y gallai graddiant uwch afon Tanat fod wedi arwain at ddwysáu ei hymateb afonol yn ogystal (Taylor a Lewin, 1997).

Mae gwaith Taylor a Brewer (2001) ar faint gronynnau mewn palaeosianeli o'r un cyfnod ar yr un cyfresi yn y Trallwng ac wrth gydliifiad afonydd Tanat ac Efyrynwy, wedi dangos ymhellach nad oedd ymateb dyddodol y systemau cyfagos hyn yn cydamserol. Maent yn dadlau bod ffactorau megis gwaddol geomorffolegol, graddiant a maint y dyffryn, deunydd llifwaddodol, cyfraddau ail-weithio llorweddol, dull dyddodol, a gweithgaredd anthropolegol, yn gwneud ail-greu naratif ymateb afonol i newid hinsawdd ar raddfa ranbarthol trwy edrych ar nifer fechan o safleoedd yn anodd. Fodd bynnag, mae modd dod o hyd i elfennau cyffredinol tebyg mewn ardaloedd cyfagos gan ddefnyddio amrywiaeth o dechnegau. Gwelwyd hyn yn glir yng ngwaith Macklin a Lewin (1993) ar lifwaddodi ar draws y DU. Mae cydamsereidd cyffredinol digwyddiadau afonol ar hyd y 5ka diwethaf yn awgrymu'n gryf fod gan hinsawdd rôl bwysig yn rheoli erydiad a dyddodiad, ond mae'r gwahaniaeth ymateb rhwng yr Holoſin cynnar (~8ka i 5.5ka) a hwyr (5.5ka i'r presennol) yn adlewyrchiad o newid mewn cyflenwad dyddodion o ganlyniad i weithgaredd anthropogenig. Yn ystod newidiadau byr-dymor mewn hinsawdd, gyda'r newidiadau sylweddol dilynol mewn maint ac amledd llifogydd, ailddosbarthwyd y cyflenwad cynyddol hwn. Mae cofnod afonol yr Holoſin felly yn un sydd yn 'climatically driven but culturally blurred' (Macklin a Lewin, 1993, t. 119).

5. Ymateb i weithgareddau anthropogenig

Fel y soniwyd eisoes, mae afonydd wedi chwarae rôl ddeublyg ym mywydau pobl Cymru – mewn modd cadarnhaol, trwy gynnal diwydiannau (ymhlith pethau eraill) ac mewn modd negyddol trwy lifogydd, ac erydiad ar welyau a glannau, gan arwain at golli tir a difrodi adeiladau a chyfathrebiadau. Mae llawer o afonydd Cymru heddiw yn arddangos ôl morffolegol o ganlyniad i weithgareddau diwydiannol y gorffennol, yn enwedig felly mwyngloddio metelau trwm ac adeiladu argaeau, a'r presennol, yn enwedig sianeiddio ac echdynnu graean. Ar hyd yr hanner canrif ddiwethaf cymhwyswyd gwybodaeth geomorffolegol i astudio ac i ddehongli effaith y gweithgareddau yma.

5.1: Mwyngloddio metelau trwm

Mwyngloddwyd am fetelau trwm yng Nghymru, yn enwedig Plwm, Copr a Sinc ers miloedd o flynyddoedd, ac yn ystod tri chyfnod yn benodol, yr Oes Efydd (2500–600 CC), y Cyfnod Rhufeinig (1–400 AD), a'r Chwyldro Diwydiannol. Lleolwyd y prif weithfeydd mewn dalgylchoedd wedi eu mwynyddio yng nghanolbarth Cymru, e.e. dalgylchoedd afon Ystwyth, afon Rheidol, afon Twymyn a llednentydd afon Hafren (Brewer *et al.*, yn y wasg). Yn wir, yn yr 1870au, gwaith y Fan yn nalgylch afon Cerist oedd y gwaith plwm mwyaf cynhyrchiol yn Ewrop gyfan (Asiantaeth yr Amgylchedd). Cafwyd nifer o weithfeydd yng Ngogledd Cymru hefyd, gyda Mynydd Parys fel yr enghraifft bwysicaf, mae'n debyg, ac mi welwyd llawer o weithfeydd llai ar hyd a lled y wlad, megis gwaith aur Dolaucothi a gwaith Nantymwyn yn nalgylch afon Tywi. Er bod y diwydiant (nas rheoleiddid gan amlaf) wedi dod i ben erbyn diwedd y Rhyfel Byd Cyntaf, mae dŵr, ac – ac yn bwysicach o ran geomorffoleg – dyddodion afonydd y dalgylchoedd yma wedi cael eu llygru o ganlyniad i arferion prosesu aneffeithlon, tomenni gwastraff, a chemegau mewn dŵr gwastraff. Mae afonydd fel afon Ystwyth ac afon Rheidol wedi cludo a dyddodi'r dyddodion hyn ar orlifairoedd ac ar fariâu (Brewer *et al.*, yn y wasg), gan greu ffynhonnell eilaidd newydd, wasgaredig, o ddyddodion llygredig wrth i'r afonydd eu hailweithio.



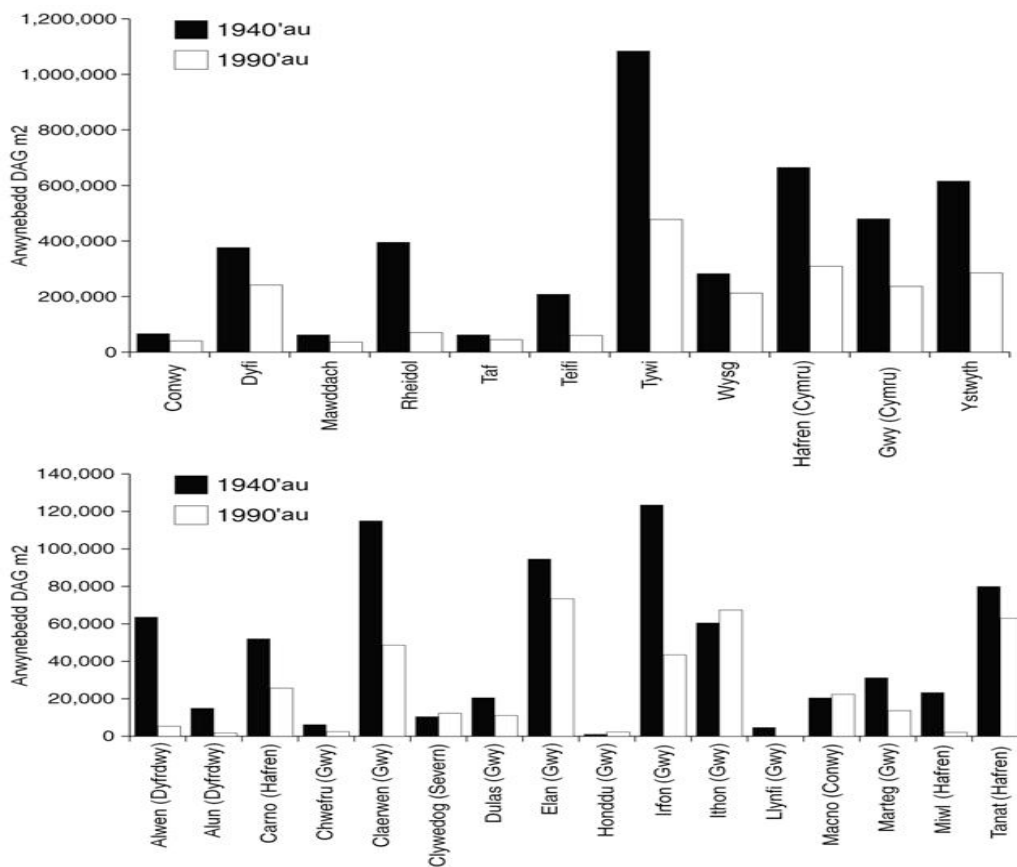
Ffigwr 8: Gwaith mwyngloddio Grogwynion ar afon Ystwyth. Gwelir olion y gwaith, tomenni gwastraff, ac enghraifft o'r bariau eang sydd yn nodweddiadol o'r hyd yma (llun yr awdur)

Gwnaed y rhan fwyaf o'r gwaith geomorffolegol cychwynnol yng Ngheredigion (Davies a Lewin, 1974; Grimshaw *et al.*, 1976; Lewin *et al.*, 1977b), a'r gwaith cynhwysfawr cyntaf ar ryngweithiad rhwng prosesau geomorffolegol afonydd a gwastraff mwyngloddio ar afon Ystwyth (Lewin *et al.*, 1977b). Cafwyd nifer o safleoedd ar yr afon ble mewnbynwyd iddi ddeunydd llygredig – Cwm Ystwyth, Pontrhydygroes, Frongoch a Grogwynion (gweler Ffigwr 8). O ganlyniad canfuwyd bod y safleoedd eu hunain yn ogystal â'r gorlifdir isafon yn Llanilar, Dolfawr a Wenallt yn arddangos crynodiadau uchel a phatrymau cymhleth o ddsbarthiad dyddodion llygredig o ganlyniad i weithgaredd amrywiol y prosesau afonol. Prif gasgliadau'r gwaith cynnar yma oedd natur anghyson ac anunffurf dosbarthiad dyddodion mân llygredig ar draws y gorlifdir ac o fewn y sianel (Davies a Lewin, 1974; Wolfenden a Lewin, 1977). Roedd hyn yn ganlyniad i batrymau amrywiol o ddyddodiad (cyn, yn ystod ac ar ôl y cyfnod o fwyngloddio), ac i brosesau afonol yr afon, yn enwedig felly newid planfform. Canfu Lewin *et al.*, (1977b) mai ar ffiniau sianel y dyddodwyd y rhan fwyaf o'r dyddodion llygredig, gyda pheth wedi ei wasgaru ar draws y gorlifdir ac ar derasau. O ganlyniad i newid planfform fodd bynnag, mae lleoliad ffiniau sianeli'r gorffennol yn aros fel ardaloedd o grynnodiad uchel o fetelau trwm ar draws y gorlifdir.

Canfuwyd patrymau isafon o ddsbarthiad metelau trwm yn ogystal gan Lewin a Macklin (1987), gan adnabod dosbarthu hydrolog, gwasgariad cemegol, storio a chymysgu dyddodol gyda mewnbynnau 'glân' neu 'brwnt' gan lednentydd yn rheolaethau pwysig ar hyn.

Ers hynny mae astudiaethau yn y maes wedi canolbwyntio ar ddefnyddio dyddodion llygredig fel marcwyr stratigraffig mewn proffiliau dyddodol o orlifdiroedd. Os yw dyddiadau gweithgaredd mwyngloddio yn wybyddus, ac os gellid dod o hyd i ddyddodion llygredig mewn proffiliau o ddyddodion ar orlifdiroedd, yna gellid creu cronoleg ar gyfer llifwaddodiad yn y system hynny. Gwnaed hyn yn nalgylch afon Hafren yn y Trallwng (Taylor, 1996; Taylor a Lewin, 1996) ac yn ehangach ar afonydd y DU gan Macklin *et al.* (1994). Fodd bynnag, mae prinder y mathau yma o broffiliau agored neu ddyddodion annigonol yn gwneud y gwaith yn anodd, ac yn aml dyddodion ar wyneb y gorlifdir yn unig y gellid eu defnyddio. Gwnaed hyn gan Brewer a Taylor (1997) ar dri safle yn nalgylch afon Hafren (Morfodion, Llandinam a'r Trallwng). Cadarnhawyd natur gymhleth y dosbarthiad, yn enwedig felly o dan ddyllanwad topograffi'r gorlifdir gydag uchder terasau'n ffactor bwysig yn penderfynu pa mor llygredig oedd arwyneb y gorlifdir, a 'ffocysu' dyddodion llygredig mewn paleosianeli. Canfuwyd hefyd bod ansefydlogrwydd llorweddol a fertigol, ac amrywiaethau mewn amledd a maint llifogydd yn rheolaethau pwysig. Er enghraifft, ym Morfodion, lle mae afon Hafren yn endorri, mae dyddodion wedi eu ffocysu ar derasau arbennig, tra yn Llandinam mae ansefydlogrwydd llorweddol wedi homogoneiddio'r patrwm dosbarthiad ar draws y gorlifdir (Brewer a Taylor, 1997).

Bu mewnbwn o ddyddodion llygredig yn rheolydd allweddol o ddeinameg bariau (neu DAG) ar afonydd Cymru dros y ganrif a hanner ddiwethaf. Gwelwyd lleihad mawr yn arwynebedd y DAG ar afonydd Cymru rhwng y 1940au a'r 1990au (Ffigwr 9). Cafodd y deunydd llygredig effaith sylweddol ar dyfiant llystyfiant ar lannau'r afon ac o fewn y sianel, gan arwain at ardaloedd o raeau heb llystyfiant ac ardaloedd o newid planfform dwys ar rai o afonydd Cymru yn y ddeunawfed ganrif a'r bedwaredd ganrif ar bymtheg o ganlyniad i gollu effaith sefydlogi'r llystyfiant. Gwelir hyn yn glir ar fapiau o'r cyfnod, ac yn wir o fapiau ac o awyrluniau o'r ugeinfed ganrif, wrth i effaith y dyddodion llygredig yma barhau ymhell tu hwnt i gyfnod y mwyngloddio (Lewin *et al.*, 1983), er i safon dŵr wella yn ail hanner y ganrif gan arwain at ail sefydlu'r llystyfiant a gollwyd (Brewer *et al.*, 2000; Gittins *et al.*, 2004). Wrth gwrs, gallai'r lleihad hyn mewn DAG fod yn ganlyniad i newidiadau mewn maint ac amledd llifogydd, yn ogystal ag o ganlyniad i hinsawdd neu weithgaredd anthropolegol, ac i effeithiau rheoleiddio llif (fel y nodir yn yr adrannau isod). Yng Ngrogwynion, un o'r unig hydau afon ymblethol yn y DU ar un adeg, nododd Lewin *et al.* (1977b) a Higgs (1997) mai colli'r llystyfiant yma, gan arwain at erydu poced o ddyddodion garw a ddyddodwyd mewn cyfnod cynharach o weithgaredd, yn ogystal â mewnbwn uniongyrchol o ddyddodion garw o domenni gwastraff, oedd y rheswm fod yr hyd yma yn ymblethu.



Ffigwr 9: Newid mewn DAG ar afonydd Cymru a'u lledhentydd rhwng y 1940au a'r 1990au (ar ôl Brewer *et al.*, yn y wasg)

5.2: Echdynnu graean

Echdynnwyd graean, yn drwyddedig a heb drwydded, o derasau, gorlifdiroedd ac o fariau yn y sianel gyfredol ar nifer o afonydd Cymru ar hyd yr hanner canrif ddiwethaf, ond mae meintioli cyfraddau'r echdynnu yn anodd (Brewer *et al.*, yn y wasg). Echdynnir graean er mwyn cyflenwi'r diwydiant adeiladu, gan eu bod wedi eu dosbarthu yn dda o ran maint, a'u bod fel arfer yn agos i'r defnyddwyr. Gall echdynnu graean ffurfio rhan o gynllun atal llifogydd hefyd. lle bydd graean yn cael ei dynnu o'r sianel gyfredol er mwyn cynyddu gallu'r sianel i ddelio gyda llif uchel. Mae effeithiau cyffredinol hyn wedi derbyn sylw mewn amgylcheddau eraill, gan gynnwys endorri uwchafon ac isafon o'r safle echdynnu o ganlyniad i gnicyn yn mudo uwchafon ac o lwgu dyddodol isafon. Gall endorri yn ei dro arwain at ansefydlogi glannau, tansellio pontydd, niweidio llystyfiant y glannau, gostwng lefel dŵr daear yn lleol, a gall cynefinoedd afonol gael eu niweidio'n ddifrifol gan y broses a'i ganlyniadau, yn enwedig felly magwrfeydd pysgod (Brewer *et al.*, yn y wasg; Kondolf, 1998; Galay *et al.*, 1998). Er nad oes yna lawer o ddata ar gael ar hyn o bryd ar afonydd Cymru sydd yn adlewyrchu hyn, gwnaed peth gwaith ar afon Tawe a ddangosodd fod rhwng 0.2 a 0.5m o endorri wedi digwydd i wely'r afon rhwng

1996 a 2003. Mae gwaith gan yr awdur ar hyd o afon Tywi ger Llanymddyfri ble echdynnir cyfaint sylweddol o raeon o'r afon ei hun, wedi dangos bod echdynnu'n medru arwain at gyfraddau uchel iawn o endorri ac agrydyddu. Nid oes sicrwydd eto fodd bynnag, mai echdynnu graean yw'r unig reolydd yn hyn o beth.

5.3: Argaeau a rheoleiddio llif

Yn ystod 1960au a 1970au'r ganrif ddiwethaf rheoleiddiwyd llif nifer o afonydd Cymru trwy adeiladu nifer o argaeau a chronfeydd. Amrywiai'r rhesymau o gynhyrchu pŵer hydro-electrig (e.e. Nant y Moch, Dinas a Chwm Rheidol ar afon Rheidol), cyflenwi dŵr i'r cyhoedd yng Nghymru a thu hwnt (Beacons, Cantref a Llanon ar afon Taf, Llyn Celyn ar afon Tryweryn a Chlaerwen yn Nyffryn Elan), ac at bwrpas rheoleiddio llif (Llyn Brianne ar afon Tywi a Llyn Clywedog yn nalgylch afon Hafren) (Leeks, 1986; Higgs a Petts, 1988; Brewer *et al.*, yn y wasg;). Mae afon Rheidol wedi derbyn peth sylw yn hyn o beth (Petts, 1984; Grimshaw a Lewin, 1980). Gwnaed defnydd o'r ffaith fod afon Rheidol ac afon Ystwyth yn hynod debyg o ran maint, daeareg a hinsawdd er mwyn gwerthuso effaith argaeau ar ddeinameg dyddodion. Effeithir ar 84 y cant o ddalgylch afon Rheidol gan argaeau, tra bod afon Ystwyth yn rhydd ohonynt. Canfuwyd fod llwythi crog a gwely afon Rheidol yn sylweddol llai nag afon Ystwyth o ganlyniad i ddau ffactor. Yn gyntaf, effaith rheoleiddio llif ar brosesau llusgludo a chlodiant isafon o'r pwynt rheoleiddio trwy leihau llif brig yn ystod llifogydd, ac yn ail, datgyplysu ffynonellau dyddodol sylweddol yr uwchdiroedd oddi wrth yr hydau isafon (Grimshaw a Lewin, 1980). Mae'r uchod wedi cyfrannu at y lleihad mewn DAG ar ffurf bariau oherwydd cwtogi mewn dyddodion garw, ac oherwydd bod dyddodion yn cael eu mobileiddio'n llai aml, oherwydd lleihad mewn llif, gan roi cyfle i lystyfiant goloneiddio a sefydlogi'r bariau yma (Brewer *et al.*, yn y wasg).

5.4: Sianeleiddio a rheolaeth afonol

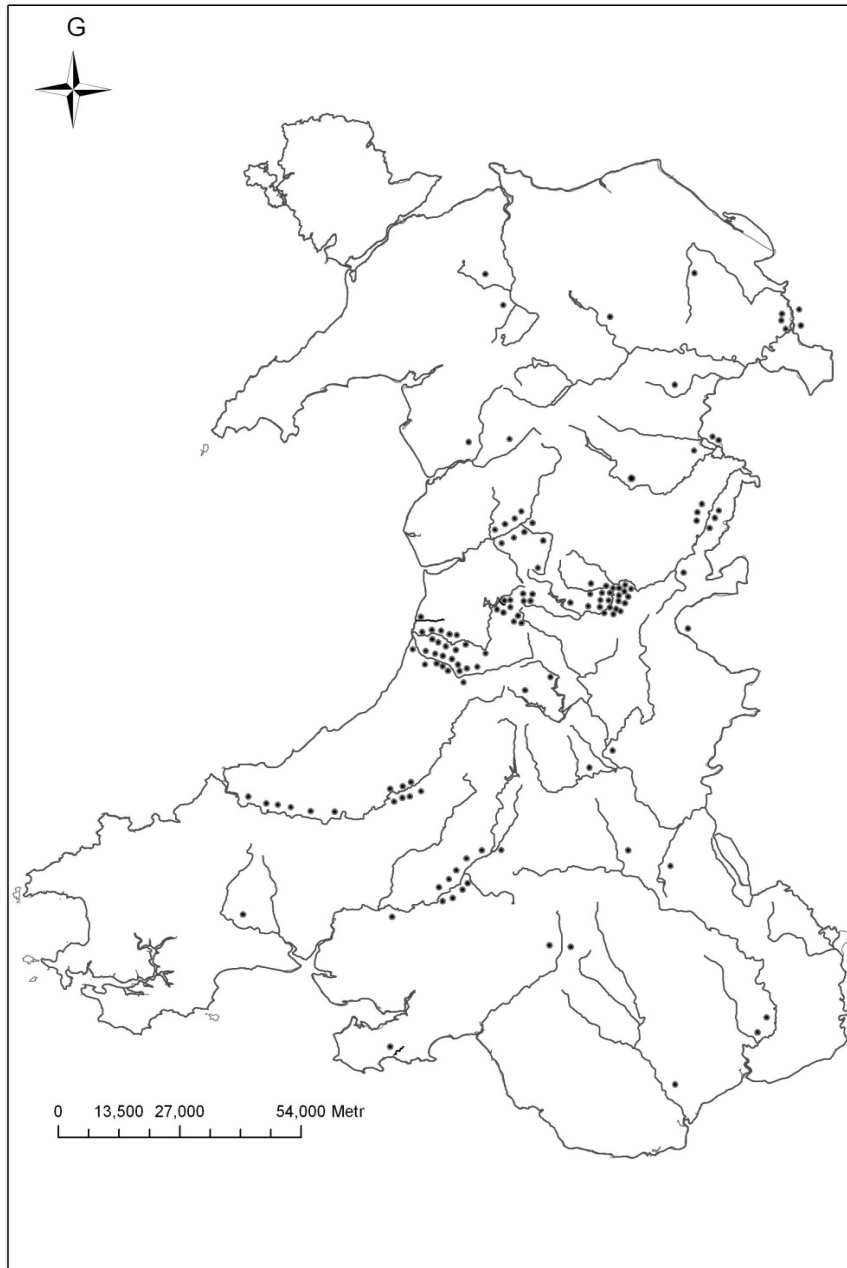
Er mwyn rheoli erydiad, lleihau effaith llifogydd, ac er mwyn galluogi fforio, newidiwyd nifer fawr o welyau a glannau ar afonydd Cymru ar hyd y canrifoedd diweddar. Cymysg fu llwyddiant y cynlluniau rheoli yma – o ran geomorffoleg ac ecoleg yn enwedig. Fel y dengys arolwg Brookes (1987), mewn amgylcheddau lle mae gan yr afon lefel uchel o egni, mae hyn fel arfer yn cynnwys erydiad llorweddol isafon o ardal y sianeleiddio, sydd yn ei dro yn arwain at gynnydd yng nghynhwysedd y sianel.

Mae enghreifftiau arall o astudiaethau o effaith sianeleiddio yng Nghymru, yn cynnwys gwaith Lewin (1976) ar afon Ystwyth ger Llanilar, gwaith Leeks *et al.* (2001) ar afon Hafren, a gwaith Leeks *et al.* (1988), ar afon Trannon, un o lednentydd yr afon Hafren, isafon o Drefeglwys. Yn achos afon Ystwyth, sythwyd hyd o'r afon ger Llanilar er mwyn iddi lifo'n gyfochrog â'r rheilffordd ym 1864, gan ddinistrio patrwm ystumiol naturiol yr afon. Dros y ganrif nesaf ailsefydlodd yr afon ei chwrs ystumiol gan beri i'r awdurdodau ei hailsythu ym 1969 (heb unrhyw fesurau mewn lle i atal erydiad llorweddol). Yn ystod cyfnod o lif uchel ym mis Tachwedd, 1969, datblygodd nifer o fariau yn yr hyd a sythwyd, gan achosi i ddŵr gael ei ddargyfeirio at y glannau. O ganlyniad, erydwyd y glannau ar raddfa gyflym iawn, ac ailsefydlwyd y patrwm ystumiol unwaith eto (Brewer *et al.*, 2007). Bu tri ymgais arall ers hynny i reoli erydiad llorweddol, ac ymddengys fod yr ymgais ddiweddaraf ym 1986/87, a ddefnyddiodd glogfeini i gryfhau'r glannau a choredau i leihau pŵer yr afon, wedi bod yn llwyddiannus.

Yn achos afon Trannon, gwnaed gwaith rheoli arni, ac ar afon Cerist (ei phrif lednant) yn ystod y ddeunawfed ganrif, yn bennaf i leihau'r perygl o lifogydd yn yr ardal. Ar awyrluniau o'r ardal gwelir hen batrwm anastomotig (nifer o sianeli cydgysylltiol) yn glir. Mae'n debyg y byddai'r math yma o batrwm afon yn gyffredin yn nyffrynnoedd dyfnion a rewlifwyd yn uwchdiroedd Prydain, yn enwedig ble roedd llawr y dyffryn yn agrydyddu. Buasai'r potensial uchel ar gyfer llifogydd yn y fath yma o amgylchedd wedi arwain at eu traenio gan ffermwyr. Ar ddiwedd y saithdegau echdynnwyd deunydd o'r sianel, gan greu croestoriad trapesoidaidd a gwelyau gwastad. Cynyddwyd uchder y glannau gan greu 'argaeau' a oedd yn rhedeg yn gyfochrog â'r sianel, a defnyddiwyd basgedi gabion a chlogfeini i gryfhau'r glannau mewn manau. O ganlyniad i'r gwaith yma cynyddodd cynhwysedd ac felly pŵer yr afon. Defnyddiwyd deunydd anghydlynol i greu glannau artiffisial, ac o ganlyniad i sythu, a ddigwyddodd yng nghanol y bedwaredd ganrif ar bymtheg, crëwyd problem o erydiad llorweddol a fertigol ar afon Trannon (Leeks *et al.* (1988). Mae gwaith gan yr awdur wedi dangos cyfnodau clir o endorri ac agrydyddu yn y system yma, a allai fod yn fodd o ymateb parhaus y system i'r gwaith sianeiddio a wnaed ar ddiwedd y saithdegau.

6. Y dyfodol – posibiliadau ac anghenion

Dengys yr arolwg hwn fod gwaith ar geomorffoleg afonol Cymru yn cael ei nodweddu gan amrywiaeth mewn pwnc, dull a natur yr amgylchedd, o afonydd creigwely i rai llifwaddodol, ac fel y dywed Walsh (2001, t.101): 'it seems to me to be quite possible that more words per square kilometre have been written about the geomorphology of Wales than any other part of the Earth's surface of comparable size.' Fodd bynnag, dros yr hanner canrif ddiwethaf ymddengys fod geomorffoleg afonol Cymru wedi canolbwyntio i raddau helaeth ar brosesau, patrymau a deinameg afonydd llifwaddodol. Creodd hyn gorff o waith arloesol sydd mewn sawl ffordd yn unigryw i Gymru, ac sydd wedi cyfrannu yn helaeth at, ac yn wir wedi arwain, geomorffoleg y DU a'r byd. Mae Ffigwr 10, map o ddisbarthiad gofodol yr holl waith y cyfeirir ato yn yr arolwg hwn, yn dangos yn glir bod astudiaethau wedi crynodi yn nalgylchoedd afonydd llifwaddodol canolbarth a de-orllewin Cymru. Mae yna waith i'w wneud i ddatblygu ein dealltwriaeth a'n dehongliad o ymateb yr afonydd llifwaddodol hyn i newidiadau hinsoddol ac anthropolegol, yn enwedig yng ngoleuni yr angen dybryd inni allu defnyddio geomorffoleg i ragfynegi ymateb afonydd i



Ffigwr 10: Map yn dangos dosbarthiad gofodol yr astudiaethau y cyfeiriwyd atynt yn y papur hwn. Dylid nodi bod gwaith Gittins (2004) yn gyfrifol am nifer o'r afonydd ag ond un astudiaeth, e.e. afon Taf

newidiadau hinsoddol y dyfodol. Un o'r prif feysydd sydd angen sylw yw gwella rheolaeth ein technegau dyddio er mwyn diffinio cyfnodau o weithgaredd afonol mewn modd cadarnach, ac mae'r gwaith parhaus o greu bas data o'r holl ddyddiadau radiocarbon

afonol a gasglwyd yn y DU gan Johnstone *et al.* (2006), yn gam pwysig yn hyn o beth, gan y bydd modd asesu a fu endorri ac agrydyddu yn gydamserol ar draws y DU ar hyd yr Holoſin..

Er mwyn adeiladu ar ein dealltwriaeth ni o broses, yn enwedig felly ein dealltwriaeth o newid patrwm sianeli ymblethol ac ystumiol, a dylanwad llifogydd mawrion, mae angen ymestyn ein arsylwi ni o brosesau a newid sianeli drwy arsylwi uniongyrchol estynedig neu wrth ddefnyddio dulliau amgen fel arsylwi o bell. Mae gwaith gan aelodau o Sefydliad Daeryddiaeth a Gwyddorau Daear, Prifysgol Aberystwyth sy'n defnyddio techneg Sganio Laser Daearol (Terrestrial Laser Scanning) (Heritage a Hetherington, 2007; Milan *et al.*, 2007) yn gam pwysig yn y maes hwn. Mae hyn yn dechneg a all roi mesuriadau o dopograffi ar gydraniad llawer uwch nag sydd wedi bod ar gael hyd yma, ac sydd felly yn medru creu cyllidebau dyddodol manwl tu hwnt. Mae camau breision yn cael eu cymryd gyda'r technegau hyn ar afonydd Cymru ar hyn o bryd, er nad oes gwaith wedi ei gyhoeddi hyd yma.

Yn ogystal, mae angen ymestyn ein hastudiaethau i gynnwys astudiaethau o ddeinameg ar raddfa ranbarthol er mwyn gallu dod i gasgliadau am ymateb cyffredinol ein systemau afonol i newid hinsawdd ac i weithgaredd anthropogenig. Mae gwaith yr awdur ar hyn o bryd yn mynd i'r afael â'r angen yma i ryw raddau, drwy edrych ar batrymau a chyfraddau erydiad fertigol ar afonydd Cymru yn ystod y ganrif ddiwethaf. Trwy gyflysu hyn gyda gwaith Gittins *et al.* (2004), ar dueddiadau llorweddol afonydd Cymru yn ystod yr un cyfnod, gellid deall ymddygiad afonydd Cymru i newidiadau hinsoddol ac anthropolegol mewn tri dimensiwn, gan gyfannu ein gwybodaeth am y pwnc, a chan roi sail cadarn inni allu cymhwyso'r wybodaeth yna i ragfynegiadau llifogydd ar gyfer y dyfodol.

Mae yna bosibiliadau gwirioneddol i ehangu cwmpas ein dealltwriaeth geomorffolegol i ardaloedd sydd un ai wedi derbyn sylw yn y gorffennol ond sydd wedi cael eu hamddifadu'n ddiweddar (e.e. afonydd creigwely a chymysg y gogledd orllewin), a'r afonydd sydd heb dderbyn llawer o sylw o gwbl (e.e. rhai o afonydd cymoedd y de). Yn yr achos cyntaf, mae astudiaethau byd-eang ar afonydd creigwely yn gyffredin, ac mae yna faterion proses sydd yn destun ymchwil dwys y gellid mynd i'r afael â nhw ar rai o afonydd gogledd-orllewin Cymru a chymoedd y de, yn enwedig felly trwy ddychwelyd at yr astudiaethau o afonladrata sydd heb dderbyn sylw ers degawdau ac a fyddai'n elwa o ddefnyddio technegau arsylwi newydd. Yn ogystal ag ychwanegu at wybodaeth gyffredinol geomorffolegol, buasai ehangu astudiaethau i ardaloedd lle mae amgylchiadau daearegol, hinsoddol ac anthropolegol yn wahanol i'r hyn sydd yn gyffredin ar yr afonydd a astudiwyd eisoes, yn cyfannu ein gwybodaeth am geomorffoleg Cymru.

Yn hyn o beth, buasai gwneud defnydd llawn o'r technegau newydd y dechreuwyd eu defnyddio'n ddiweddar, e.e. LiDAR, Sganio Laser Daearol a modelu geomorffolegol, yn arfogi geomorffolegwyr gyda'r dulliau i ailedrych ar y materion yma yn ogystal ag yn ein galluogi i ailedrych ar broblemau a oedd yn dioddef o ddiffyg data yn y gorffennol. Yn achos LiDAR, er enghraifft, mae modd adnabod bodolaeth terasau a phalaeosianeli ar orlfdioedd cyfan heb gymryd cam allan o'r labordy, a thra na fydd hyn fyth yn golygu

nad oes angen gwaith maes, mae'r fath yma o offer yn medru hwyluso tipyn ar waith y geomorffolegydd.

7. Casgliadau

Nid yw'r arolwg yma yn honni bod yn hollol gynhwysfawr nac yn hollgwmpasog o'r toreth o waith a wnaed ar geomorffoleg afonol yng Nghymru, nac o ddiddordebau ymchwil gweithwyr sydd yn gweithio yn y maes yng Nghymru ar hyn o bryd. Mae sawl pwnc yn haeddu ymdriniaeth lawnach na'r hyn a gafwyd uchod. Un ochr yn unig i wyddoniaeth sydd yn ymwneud ag afonydd yw geomorffoleg; mae gwaith eang a thrylwyr yn cael ei wneud ar safon dŵr, llygredd ac ecoleg yng Nghymru, ac yn aml iawn mae'r gwaith yma yn gorgyffwrdd â gwaith geomorffolegol. Pwrpas yr arolwg hwn yw i ddangos bod Cymru wedi bod yn fagwrfa ffrwythlon i wybodaeth geomorffolegol, bod nifer o hydau afonydd Cymru wedi datblygu i fod yn enghreifftiau clasurol byd-eang, o ran datblygiad tymor hir tirluniau, prosesau geomorffolegol, ac ymateb afonol i newidiadau hinsoddol ac anthropolegol. Dros yr hanner canrif ddiwethaf mae'r angen am ddealltwriaeth ac ymdriniaeth rhyngweithiol o'r pedwar maes ymchwil cynhenid gysylltiedig yma wedi dod i'r amlwg, ac yn amlach na pheidio yn y cyfnod presennol mae gwaith geomorffolegol yng Nghymru wedi dibynnu ar y ddealltwriaeth yma. Trwy ddatblygu dulliau newydd o arsylwi er mwyn adeiladu ar ein dehongliad o hen broblemau, a mynd i'r afael â phroblemau newydd yn y maes, mae sefyllfa geomorffoleg afonol yng Nghymru yn hynod o iach ar ddechrau'r unfed ganrif ar hugain.

Diolchiadau

Hoffai'r awdur gydnabod cymorth yr Athro Mark Macklin, Dr Paul Brewer, Dr Matt Rowberry, a dau ganolwr dienw am gynnig sylwadau gwerthfawr ar yr erthygl, ac i R. Greg Whitfield am gymorth gyda rhai o'r diagramau. Cydnabyddir parodrwydd hael deiliaid hawlfraint y diagramau i mi gael eu defnyddio.

Llyfryddiaeth

Arkell, B., Leeks, G.J.L., Newson, M.D., ac Oldfield, F. (1983), 'Trapping and tracing: some recent observations of supply and transport of coarse sediment from upland Wales', yn Collins, J.D., a Lewin, J. (gol.), *Modern and Ancient Fluvial Systems*, *International Association of Sedimentologists*, Special Publication 6 (Llundain, Blackwell), t. 107–119.

Asiantaeth yr Amgylchedd, Local Environment Agency Plan Severn Uplands Environmental Overview, 15/10/2007,

<http://www.environment-agency.gov.uk>

Ballantyne, C.K., a Harris, C. (1994), *The Periglaciation of Great Britain* (Cambridge, Cambridge University Press), t. 330.

Bathurst, J.C. (1979), 'Distribution of boundary shear stress in rivers', yn Rhodes, D. D., a Williams, G.P. (gol.), *Adjustment of the Fluvial System*, (Dubuque, Iowa, Kendall/Hunt Publishing Company), t. 95–116.

Bathurst, J.C., Thorne, C.R., ac Hey, R.D. (1977), 'Direct measurement of secondary currents in river bends', *Nature*, 269, t. 504–06.

- Bathurst, J.C., Thorne, C.R., a Hey, R.D. (1979), 'Secondary flows and shear stresses at river bends', *Journal of the Hydraulics Division*, (American Society of Civil Engineers), HY 10, 1277–95.
- Battiau-Queney, Y. (1980), *Contribution a l'étude, géomorphologique du Massif Gallois* (Paris, Honoré Champion), t.797.
- Battiau-Queney, Y. (1984), 'The pre-glacial evolution of Wales', *Earth Surface Processes and Landforms*, 9, t. 229–52.
- Battiau-Queney, Y. (1999), 'Crustal anisotropy and differential uplift: their role in long-term landform development', yn Smith, B.J., Whalley, W.B., Warke, P.A. (gol.), *Uplift, erosion and stability: Perspectives on long term landscape development*, Special Publication 162 (Llundain, Geological Society), t. 65–74.
- Bell, M. (1982), 'The effects of land-use and climate on valley sedimentation', yn Harding, A.F. (gol.), *Climatic Change in Later Prehistory* (Caeredin, Gwasg Prifysgol Caeredin), t. 127–42.
- Blacknell, C. (1980), *Point Bar Formation in Welsh Rivers* (Traethawd doethuriaeth, Prifysgol Cymru Aberystwyth), t. 385.
- Blacknell, C. (1982), 'Morphology and surface sedimentary features of point bars in Welsh gravel-bed rivers', *Geological Magazine*, 119, t. 182–92.
- Bowen, D.Q. (1967), 'On the supposed ice-dammed lakes of South Wales', *Transactions of the Cardiff Naturalists' Society*, 93, t. 4–17.
- Bowen, D.Q., a Lear, D.L. (1982), 'The Quaternary geology of the lower Teifi valley', yn Bassett, M.G. (gol.), *Geological Excursions in Dyfed, SW Wales*, (Caerdydd, Amgueddfa Genedlaethol Cymru), t. 297–302.
- Bowen, D.Q., Rose, J., McCabe, A.M., a Sutherland, D.G. (1986), 'Correlation of Quaternary glaciations in England, Ireland, Scotland and Wales', *Quaternary Science Reviews*, 5, t. 299–340.
- Brewer, P.A., a Lewin, J. (1993), 'In-transport modification of alluvial sediment: field evidence and laboratory experiments', *Special Publication of the International Association of Sedimentologists*, 17, t. 23–35.
- Brewer, P.A., a Lewin, J. (1998), 'Planform cyclicity in an unstable reach: complex fluvial response to environmental change', *Earth Surface Processes and Landforms*, 23, t. 989–1008.
- Brewer, P.A., a Passmore, D.G. (2002), 'Sediment budgeting techniques in gravel-bed rivers', yn Jones, S.J., a Frostick, L.E. (gol.), *Sediment Flux to Basins: Causes, Controls and Consequences* (Llundain, Geological Society Special Publications, 191), t. 97–113.
- Brewer, P.A., a Taylor, M.P. (1997), 'The spatial distribution of heavy metal contaminated sediment across terraced floodplains', *Catena*, 30 (2), t. 229–49.
- Brewer, P.A., Maas, G.S., a Macklin, M.G. (2000), 'A fifty year history of exposed riverine sediment dynamics on Welsh Rivers', yn Jones, J.A., Gilman, A.K., Jigorel, A., a Griffin, J. (gol.), *Water in the Celtic world: managing resources for the 21st century*, British

Hydrological Society Occasional Paper, Rhif. 11, t. 245–52.

Brewer, M.G., Macklin, P.A., a Jones, A.F. (2002), 'Channel change and bank erosion on the Afon Rheidol: the Felin Rhiwarthen and Lovesgrove meanders', yn Macklin, M.G., Brewer P.A., a Coulthard, T. J., (gol.), *River Systems and Environmental Change in Wales: Field Guide* (Aberystwyth, British Geomorphological Research Group), t. 24–31.

Brewer, P.A., Coulthard, T.J., Davies, J., Foster, G.C., Johnstone, E., Jones, A.F., Macklin, M.G., a Morgan C.G. (2005), 'Flooding-related research in Wales – some recent developments', yn Bassett, M.G., Deisler, V.K., a Nichol, D. (gol.), *Urban Geology in Wales 2* (Caerdydd, National Museum of Wales Geological Series No.24), t. 229–38.

Brewer, P.A., Johnstone, E., a Macklin, M.G. (1987), 'River dynamics and Late Quaternary environmental change', yn Williams, D., a Duigan, C., *Rivers of Wales*, (yn y wasg).

Brookes, A. (1960), 'River channel adjustments downstream from channelization works in England and Wales', *Earth Surface Processes and Landforms* 12. t. 337–51.

Brown, E.H. (1960), *The Relief and Drainage of Wales* (Caerdydd, Gwasg Prifysgol Cymru), t.187.

Brown, A.G. (1983), 'Floodplain deposits and accelerated sedimentation in the lower Severn basin', yn Gregory, K.J. (gol.), *Background to Palaeohydrology* (Chichester, Wiley & Sons), t. 375–97.

Brown, A.G. (1983), 'Long-term sediment storage in the Severn and Wye catchments', yn Gregory, K.J., Lewin, J., a Thornes, J.B. (gol.), *Palaeohydrology in Practice* (Chichester, Wiley & Sons), t. 307–32.

Brown, A.G. (2003), 'Global environmental change and the palaeohydrology of western Europe: a review', yn Gregory, K.J., a Benito, G. (gol.), *Palaeohydrology: Understanding Global Change* (Chichester, Wiley & Sons), t.105–21.

Bull, J. (1997), 'Relative velocities of discharge and sediment waves for the River Severn', *UK Hydrological Sciences Journal* 42, t. 649–60.

Burrin, P.J., a Scaife, R.G. (1988), 'Environmental thresholds, catastrophe theory and landscape sensitivity: their relevance to the impact of man on valley alluviations', yn Bintliff, J.L., Davison, D.A., a Grant, E.G. (gol.), *Conceptual Issues in Environmental Archaeology* (Rhydychen, British Archaeological Report Series 186), t.145–59.

Campbell, S., a Bowen, D.Q. (1989), *Quaternary of Wales, Geological Conservation Review Series* (Peterborough, Nature Conservancy Council), t. 237.

Charlesworth, J.K. (1929), 'The South Wales end moraine', *Quarterly Journal of the Geological Society of London* 85, t. 335–58.

Cope, J.C.W. (1994), 'A latest Cretaceous hotspot and the southeasterly tilt of Britain', *Journal of the Geological Society* 151 (6), t. 905–08.

Coulthard, T.J., a Macklin, M.G. (2001), 'How sensitive are river systems to climate and land-use changes? A model-based evaluation', *Journal of Quaternary Science* 16, t. 347–51.

Coulthard, T.J., a van de Wiel, M.J. (2006), 'A cellular model of river meandering', *Earth*

Surface Processes and Landforms 31, t.123–32.

Coulthard, J.T., Lewin, J., a Macklin, M.G. (2005), 'Modelling differential and complex catchment response to environmental change', *Geomorphology* 69, t. 224–41.

Darwin, C.R., llythyr at Ramsay, A.C., Hydref 3, 1846.

Davis, W.M. (1912), 'A geographical pilgrimage from Ireland to Italy', *Annals of the Association of American Geographers* 2, t. 73–100.

Davies, B.E., a Lewin, J. (1974), 'Chronosequences in alluvial soils with special reference to historic lead pollution in Cardiganshire, Wales', *Environmental Pollution* 6, t. 49–57.

Dobson, M.R., a Lewin, J. 'The Sedimentation of Aberystwyth Harbour', Adroddiad i Gyngor Dosbarth Ceredigion, heb ei gyhoeddi.

Galay, V. J., Rood, K.M., a Miller, S. (1998), 'Human interference with braided gravel-bed rivers', yn Klingeman, P.C., Beschta, R.L., Komar, P.D., a Bradley, J.B. (gol.), *Gravel-Bed Rivers in the Environment, Water Resources Publication* (Colorado, UES), t. 471–512.

George, T.N., (1961), 'The Welsh landscape', *Science Progress*, 49, t. 242–64.

George, T.N. (1974), 'The Cenozoic evolution of Wales', yn Owen, T.R. (gol.), *The Upper Palaeozoic and post-Palaeozoic Rocks of Wales* (Caerdydd, Gwasg Prifysgol Cymru), t. 341–71.

Gilman K., a Newson, M.D., (1980), *Soil pipes and pipe flow – a hydrological study in Upland Wales*, British Geomorphological Group Research Monograph, Rhif 1 (Norwich, Geo-books).

Gittins, S. (2004), *Changes in sediment storage in Welsh rivers 1890–2002* (Traethawd doethuriaeth, Prifysgol Cymru Aberystwyth), t. 351.

Gray, J.M., a Coxon, P. (1991), 'The Loch Lomond Stadial glaciation in Britain and Ireland', yn Ehlers, J., Gibbard, P.L., a Rose, J. (gol.), *Glacial Deposits in Great Britain and Ireland* (Rotterdam, A.A. Balkema), t. 89–105.

Grimshaw, D.L., a Lewin, J. (1980), 'Reservoir effects on sediment yield', *Journal of Hydrology* 47, t.163–71.

Grimshaw, D.L., Lewin, J., a Fuge, R. (1976), 'Seasonal and short-term variations in the concentration and supply of dissolved zinc to polluted aquatic environments', *Environmental Pollution* 11, t.1–7.

Gurnell, A.M. (1997), 'Channel change on the River Dee meanders, 1946-1992, from the analysis of air photographs', *Regulated: Rivers Research and Management* 13, t.13–26.

Gurnell, M.J., Clark, A.M., Hill, C.T., Downward, S.R., Petts, G.E., Scaife, R.G., a Wainwright, J. (1993), *The River Dee Meanders (Holt to Wrothenbury)*, Adroddiad i Gyngor Cefn Gwlad Cymru gan Sefydliad GeoData (Prifysgol Southampton), t. 69.

Gurnell, A.M., Downward, R.S., Jones, R. (1994), 'Channel planform change on the River Dee meanders, 1976–1992', *Regulated Rivers* 9, t.187–204.

Harland, W.B., Armstrong, R.L., Cox, L.A., Craig, V.E., Smith, A.G., a D.G. (1989), *A geologic*

time scale (Caergrawnt, Gwasg y Brifysgol), t. 263.

Heritage, G.L., a Hetherington, D. (2007), 'Towards a protocol for laser scanning in fluvial geomorphology', *Earth Surface Processes and Landforms* 32 (1), t. 66–74.

Hey, R.D. (1980), 'Final report on channel stability, Craig Goch Joint Committee' (heb ei gyhoeddi).

Hey, R.D. (1986), 'River response to inter-basin water transfers: Craig Goch feasibility study', *Journal of Hydrology* 85, t. 407–21.

Hey, R.D., Lewin, J., Newson, M.D., a Wood, R. (1981), 'River management and process studies on the River Severn', yn Elliot T. (gol.), *Field Guide to Ancient and Modern Fluvial Systems in Britain and Spain* (University of Keele, International Fluvial Sediments Conference), t. 6.16–20.

Heyworth, A., Kidson, C., a Wilks, A.P. (1985), 'Late-glacial and Holocene sediments at Clarach Bay, near Aberystwyth', *Journal of Ecology* 73, t. 247–300.

Higgs, G. (1987), 'Environmental change and hydrological response: flooding in the Upper Severn catchment', yn Gregory, K.J., Lewin, J., a Thorne, J.B. (gol.), *Palaeohydrology in Practice* (Chichester, Wiley & Sons), t. 31–159.

Higgs, G. (1997), 'Afon Teifi at Cenarth, Carmarthenshire', yn Gregory, K.J. (gol.), *Fluvial Geomorphology of Great Britain* (Llundain, Chapman and Hall), t. 129–32.

Higgs, G. (1997), 'Afon Llugwy between Swallow Falls and Betws y Coed, Aberconwy and Colwyn', yn K.J. Gregory (gol.), *Fluvial Geomorphology of Great Britain* (Llundain, Chapman and Hall), t. 119–21.

Higgs, G. (1997), 'Afon Twymyn at Ffrwd Fawr, Powys', yn Gregory, K.J. (gol.), *op cit.*, t. 125–7.

Higgs, G. (1997), 'Afon Ystwyth, Ceredigion', yn Gregory, K.J., *op cit.*, t. 148–150.

Higgs, G. 'Afon Teifi at Cors Caron', yn Gregory K.J., *op cit.*, t. 163–5.

Higgs, G., a Petts, P.E. (1988), 'Hydrological changes and river regulation in the UK', *Regulated Rivers: Research and Management* 2, t. 349–68.

Hosefield, R.T. a Chambers, J.C. (2002), 'Processes and experiences – experimental archaeology on a river floodplain', yn Macklin, M.G., Brewer P.A., a Coulthard, T.J. (gol.), *River Systems and Environmental Change in Wales: Field Guide* (Aberystwyth, British Geomorphological Research Group), t. 32–9.

Howe, G.M., a Thomas, J.M. (1963), *Welsh landforms and scenery* (Llundain, Macmillan).

Jenkins, J.G. (2005), *Ar Lan Hen Afon: Golwg ar ddiwydiannau afonydd Cymru* (Aberystwyth, Cymdeithas Lyfrau Ceredigion Cyf), t. 189.

Johnstone, E. (2004), *River response to Late Quaternary environmental change: the Dyfi catchment, mid-Wales* (Traethawd doethuriaeth, Prifysgol Cymru Aberystwyth), t. 247.

Johnstone, E., Macklin, M.G., a Lewin, J. (2006), 'The development and application of a database of radiocarbon-dated Holocene fluvial deposits in Great Britain', *Catena* 66 (1-2), t. 14–23.

- Jones, A.F., Brewer, P.A., Johnstone, E., a Macklin, M.G. (2007), 'High-resolution interpretive geomorphological mapping of river valley environments using airborne LiDAR data', *Earth Surface Processes and Landforms* 32, t. 1574–92.
- Jones, J.A.A. (1971), 'Soil piping and stream channel initiation', *Water Resources Research* 7, t. 602–10.
- Jones, J. A. A. (1981), *The Nature of Soil Piping – a Review of Research*, British Geomorphological Research Group Research Monograph, Rhif 3 (Norwich, Geo-books).
- Jones, J.A.A., a Crane, F.G. (1981), 'Pipeflow and pipe erosion in the Maesnant experimental catchment', yn Burt, T.P., a Walling, D.E. (gol.), *Catchment experiments in fluvial geomorphology : proceedings of a meeting of the International Geographical Union Commission on Field Experiments in Geomorphology, Exeter and Huddersfield, August 16–24, 1981* (Norwich, Geo-books, 1984), t. 593.
- Jones, J.A.A. (1987), 'The effects of soil piping on contributing areas and erosion patterns', *Earth Surface Processes and Landforms* 12, t. 229–48.
- Jones, O.T. (1911), 'The physical features and Geology of central Wales', yn Ballinger, J. (gol.), *Aberystwyth and District National Union of Teachers Souvenir* (Llundain, National Union of Teachers), t. 25.
- Jones, O.T. (1931), 'Some episodes in the geological history of the Bristol Channel region', *Reports of the British Association*, t. 57.
- Jones, O.T. (1951), 'The drainage systems of Wales and the adjacent regions' *Quarterly Journal of the Geological Society* 107, t. 201–25.
- Jones, O.T. (1956), 'The drainage systems of Wales and the adjacent regions', *Quarterly Journal of the Geological Society* 111, t. 323–52.
- Jones, O.T. (1965), 'The glacial and post-glacial history of the Lower Teifi valley', *Quarterly Journal of the Geological Society of London* 121, t. 247–81.
- Jones, O.T. (1970), 'Longitudinal profiles of the upper Towy drainage system', yn Dury, G.H. (gol.), *Rivers and River Terraces* (Llundain, Macmillan), t. 73–94.
- Jones, R.L., a Keen, D.H. (1993), *Pleistocene Environments in the British Isles* (Llundain, Chapman and Hall), t. 346.
- Kirkby, C., Newson, M.D., a Gilman, K. (1991), *Plynlimon research: the first two decades*, Institute of Hydrology Report 109, t. 188.
- Kondolf, G.M. (1998), 'Large-scale extraction of alluvial deposits from rivers in California: geomorphic effects and regulatory strategies', yn Klingeman, P.C., Beschta, R.L., Komar, P.D., a Bradley, J.B. (gol.), *Gravel-Bed Rivers in the Environment*, (Colorado, Water Resources Publication), t. 455–70.
- Lambeck, K. (1995), 'Late Devensian and Holocene shorelines of the British Isles and North Sea from models of glacio-hydro-isostatic rebound', *Journal of the Geological Society* 152, t. 437–48.
- Lawler, D.M. (1984), *Processes of river bank erosion: the River Ilston, South Wales, UK* (Traethawd doethuriaeth, Prifysgol Cymru), t. 518.

- Lawler, D.M. (1992), 'Design and installation of a novel automatic erosion monitoring system', *Earth Surface Processes and Landforms* 17, t. 455–64.
- Leeks, G.J., (1983) 'Development of field techniques for assessment of river erosion and deposition in mid-Wales', yn Burt, T.P., a Walling, D.E. (gol.), *Catchment Experiments in Fluvial Geomorphology* (Norwich, Geobooks), t. 299–309.
- Leeks, G.J. (1986), *Fluvial sediment responses to high water discharge from a regulating reservoir – The Effects of the 5 March 1985 test release from Llyn Clywedog on the upper Severn*, Adroddiad i Awdurdod Dŵr Severn-Trent.
- Leeks, G.J., Lewin, J. a Newson, M.D. (1988), 'Channel change, fluvial geomorphology and river engineering: the case study of the Afon Trannon, mid-Wales', *Earth Surface Processes and Landforms* 13, t. 207–223.
- Lear, D.L. (1986), *The Quaternary deposits of the lower Teifi valley* (Traethawd doethuriaeth, Prifysgol Cymru Aberystwyth).
- Lewin, J. (1972), 'Late-stage meander growth', *Nature Physical Science* 240, t.116.
- Lewin, J. (1976), 'Initiation of bedforms and meanders in coarse-grained sediments', *Geological Society of America Bulletin* 87, t. 281–85.
- Lewin, J. (1977), 'Channel pattern changes', yn Gregory, K.J. (gol.), *River Channel Changes*, (Chichester, Wiley & Sons), t.167–84.
- Lewin, J. (1978a), 'Meander development and floodplain sedimentation: a case study from mid-Wales', *Geological Journal* 13, t. 25–36.
- Lewin, J. (1978b), 'Floodplain Geomorphology', *Progress in Physical Geography* 2, t. 408–38.
- Lewin, J. (1981), 'Contemporary erosion and sedimentation', yn Lewin, J. (gol.), *British Rivers* (Llundain, George Allen and Unwin), t. 216.
- Lewin, J. (1982), 'British floodplains', yn Adlam, B.H., Fenn, C.R. a Morris, L (gol.), *Papers in Earth Studies*, (Norwich, Geo-books), t. 201.
- Lewin, J. (1983), 'Changes of channel patterns and floodplains', yn Gregory, K.J., (gol.), *Background to Palaeohydrology*, (Chichester, Wiley & Sons), t. 303–20.
- Lewin, J. (1987), 'Historical channel changes', yn Gregory, K.J., Lewin, J., Thornes, J.B. (gol.), *Palaeohydrology in Practice* (Chichester, Wiley & Sons), t.161–75.
- Lewin, J. (1989), 'Floods in Fluvial Geomorphology', yn Beven, K., a Carling, P. (gol.), *Floods: Hydrological, Sedimentological and Geomorphological Implications* (Chichester, Wiley & Sons), t. 265–84.
- Lewin, J. (1992), 'Alluvial sedimentation style and archaeological sites: the lower Vyrnwy, Wales', yn Needham, S., a Macklin, M.G. (gol.), *Alluvial Archaeology in Britain* (Rhydychen, Oxbow Press), t. 103–9.
- Lewin, J. (1992b), 'Floodplain Construction and Erosion', yn Calow, P., a Petts, G. E. (gol.), *The Rivers Handbook: hydrological and ecological principles*, I (Rhydychen. Blackwell), t. 526.
- Lewin, J., (1997), 'Fluvial Landforms and Processes in Wales', yn Gregory, K.J., (gol.), *Fluvial*

- Geomorphology of Great Britain*, (Llundain, Chapman and Hall), t. 117-9.
- Lewin, J., a Brindle, B.J. (1977), 'Confined meanders', yn Gregory, K.J., *op cit.*, 221-33.
- Lewin, J. a Hughes D. (1976), 'Assessing channel changes on Welsh rivers', *Cambria* 3, t. 1-10.
- Lewin, J., a Hughes, D. (1980), 'Welsh Floodplain Studies II. Application of a Qualitative Inundation Model', *Journal of Hydrology* 46, t. 35-49.
- Lewin, J., a Macklin, M.G. (1987), 'Metal mining and floodplain sedimentation in Britain', yn Gardiner, V. (gol.), *International Geomorphology 1986*, Part 1, (Chichester, Wiley & Sons), t. 1009-27.
- Lewin, J., a Macklin, M.G. (2003), 'Preservation potential for Late Quaternary river alluvium', *Journal of Quaternary Science* 18, t. 107-20.
- Lewin, J., a Manton, M.M.M. (1975), 'Welsh Floodplain Studies: The nature of floodplain geometry', *Journal of Hydrology* 25, t. 37-50.
- Lewin, J., Hughes, D., a Blacknell, C. (1977), 'Incidence of river erosion', *Area* 9, t. 177-81.
- Lewin, J., Davies, B.E., a Wolfenden, P. (1977b), 'Interactions between channel change and historic mining sediments', yn Gregory, K.J., *op cit.*, t. 355-67.
- Lewin, J., Bradley, S.B., Macklin, M.G. (1983), 'Historical valley alluviation in mid-Wales', *Geological Journal* 18, t. 331-50.
- Lewis, G.W., a Lewin, J. (1983), 'Alluvial cutoffs in Wales and the Borderlands', yn Collinson, J.D., a Lewin, J. (gol.), *Modern and Ancient Fluvial Systems* (Special Publication of the International Association of Sedimentologists 6), t. 145-54.
- Maas, G.S., Brewer, P.A., a Macklin, M.G. (2001), *A Geomorphological Reappraisal of the Upper Severn GCR Site*, CCW Contract Science Report No. 433, t. 30.
- Macklin, M.G. (1999), 'Holocene river environments in prehistoric Britain: human interaction and impact', *Journal of Quaternary Science* 14, t. 521-30.
- Macklin, M.G., a Lewin, J. (1986), 'Terraced fills of Pleistocene and Holocene age in the Rheidol Valley, Wales', *Journal of Quaternary Science* 1, t. 21-34.
- Macklin, M.G., a Lewin, J. (1993), 'Holocene river alluviation in Britain', *Zeitschrift für Geomorphologie*, Supplement-Band 88, t. 109-22.
- Macklin, M.G., Ridgway, J.D., Passmore, G., a Rumsby, B.T. (1994), 'The use of overbank sediment for geochemical mapping and contamination assessment: results from selected English and Welsh floodplains', *Applied Geochemistry* 9, t. 689-700.
- Macklin, M.G., Brewer, P.A., Jones, A.F., Kershaw, J., a Coulthard, T.J. (2002), 'A geomorphological investigation of the historical and Holocene development of the River Severn valley floor at Buttington, Powys', yn Macklin, M.G., Brewer, P.A., a Coulthard, T.J. (gol.), *River Systems and Environmental Change in Wales: Field Guide* (Aberystwyth, British Geomorphological Research Group), t. 24-31.

- Macklin, M.G., Johnstone, E., a Lewin, J. (2005), 'Pervasive and long-term forcing of Holocene river instability and flooding in Great Britain by centennial-scale climate change', *The Holocene* 15, t. 937–43.
- Macklin, M.G., Rumsby, B.T., a Heap, T. (1992), 'Flood alluviation and entrenchment: Holocene valley-floor development and transformation in the British uplands', *Geological Society of America Bulletin* 104, t. 631–43.
- Meigh, J.R. (1987), *Transport of bed material in a gravel bed river* (Traethawd doethuriaeth, Prifysgol Cymru Aberystwyth).
- Milan, D.J., Heritage, G.L., a Hetherington, D. (2007), 'Application of a 3D laser scanner in the assessment of erosion and deposition volumes and channel change in a proglacial river', *Earth Surface Processes and Landforms* 32, t. 1657–74.
- Millward, R., a Robinson, A. (1978), *Aspects of the North Wales Landscape* (Newton Abbott, David and Charles).
- Mitchell, D.J., a Gerard, A.J. (1983), 'Morphological responses and sediment patterns', yn Gregory, K.J., Lewin, J., a Thorne, J.B. (gol.), *Palaeohydrology in Practice* (Chichester, Wiley & Sons), t. 177–99.
- Mount, N.J., Sambrook Smith, G.H., a Stott, T. (2005), 'An assessment of the impact of upland afforestation on lowland river reaches: the Afon Trannon, mid-Wales', *Geomorphology* 64 (3-4), t. 255–69.
- Newson, M.D., (1979), 'The results of ten years' experimental study on Plynlimon, mid-Wales and their importance for the Water Industry', *Journal of the Institute of Water Engineers* 33, t. 321–33.
- Newson, M.D. (1980a), 'The geomorphological effectiveness of floods – a contribution stimulated by two recent events in mid-Wales', *Earth Surface Processes* 5, t. 1–16.
- Newson, M.D. (1980b), 'The erosion of drainage ditches and its effects on bed-load yields in Mid Wales: reconnaissance case studies', *Earth Surface Processes* 5, t. 275–90.
- Newson, M.D., a Leeks, G.J.L. (1987), 'Transport processes at a catchment scale: a regional study of increasing sediment yield and its effects in mid-Wales, U.K.' yn Thorne, C.R., Bathurst, J.C., a Hey, R.D. (gol.), *Sediment Transport in Gravel Bed Rivers* (Chichester, Wiley & Sons), t. 187–218.
- North, F.J. (1962), *River scenery at the Head of the vale of Neath* (Caerdydd, Amgueddfa Genedlaethol Cymru).
- Passmore, D.G., Macklin, M.G., Brewer, P.A., Lewin, J., Rumsby, B.T., a Newson, M.D. (1993), 'Variability of late Holocene braiding in Britain', yn Best, J.L., a Bristow C.S. (gol.), *Braided Rivers* (Geological Society of London Special Publication No. 75), t. 205–30.
- Petts, G.E. (1984), 'Sedimentation within a regulated river', *Earth Surface Processes and Landforms* 9, t. 125–34.
- Pilling, C.G., a Jones, J.A.A. (2002), 'The impact of future climate change on seasonal discharge, hydrological processes and extreme flows in the Upper Wye experimental catchment, mid-Wales', *Hydrological Processes* 16, t. 1201–13.

- Price, A. (1977), Quaternary deposits between Llanllioni and Pentreawart, middle teifi valley, Dyfed (Traethawd MSc, Prifysgol Cymru Aberystwyth).
- Ramsay, A.C. (1846), 'The denudation of South Wales and adjacent English counties', *Memoir of the Geological Survey of Great Britain* 1, t. 297–335.
- Ramsay, A.C. (1866), 'The Geology of North Wales', (Argraffiad Cyntaf) *Memoir of the Geological Survey of Great Britain*, 3.
- Ramsay, A.C. (1881), 'The Geology of North Wales', *Memoir of the Geological Survey of Great Britain*, Cyfrol 3.
- Ramsay, A.C., 'On the physical history of the Dee, Wales', *Quaternary Journal of the Geological Society of London* 32, (876), t. 219–29.
- Rowberry, M. (2007), *The influence of climate and base level change on long term drainage network development in the mid-Wales massif* (Traethawd doethuriaeth, Prifysgol Cymru Aberystwyth).
- Smith, S.A. (1987), 'Gravel counterpoint bars: Examples from the River Tywi, South Wales', yn Etheridge, F.G., Flores, R.M., a Harvey, M.D. (gol.), *Recent Developments in Fluvial Sedimentology* (Society of Economic Palaeontologists and Mineralogists Special Publication Rhif 39), t.75–81.
- Smith, S.A. (1989), 'Sedimentation in a meandering gravel-bed river: the River Tywi, South Wales', *Geological Journal* 24, t.193–204.
- Stott, T. (1999), 'Stream bank and forest ditch erosion, preliminary responses to timber harvesting in mid-Wales', yn Brown, A.G., a Quine, T.A. (gol.), *Fluvial Processes and Environmental Change* (Chichester, Wiley & Sons), t. 47–70.
- Taylor, M.P. (1996), 'The variability of heavy metals in floodplain sediments: a case study from mid Wales', *Catena* 28, (1), t.71–87.
- Taylor, M.P., a Brewer, P.A. (2001), 'A study of Holocene floodplain particle size characteristics with special reference to palaeochannel infills from the upper Severn basin, Wales, UK', *Geological Journal* 36, t. 14357.
- Taylor, M. P., a Lewin, J., (1996), 'River behaviour and Holocene alluviation: the River Severn at Welshpool, mid-Wales, U.K', *Earth Surface Processes and Landforms* 21, t. 77–91.
- Taylor, M.P., a Lewin, J. (1997), 'Non-synchronous response of adjacent floodplain systems to Holocene environmental change', *Geomorphology* 18, t. 251–64.
- Thomas, T.M. (1974), 'The south Wales interstratal karst', *Transactions of the British Cave Research Association* 1, t.131–52.
- Thomas, G.S.P., Summers, A.P., a Dackombe, R.V. (1982), 'The Late Quaternary deposits of the middle Dyfi Valley, Wales', *Geological Journal* 17, t. 297–309.
- Thorne, C.R., a Hey, R.D., (1979), 'Direct measurement of secondary currents at a river inflexion point', *Nature* 280, t. 226–28.
- Thorne, C R., a Lewin, J. (1979), 'Bank processes, bed material movement and planform development in a meandering river', yn Rhodes, D.D., a Williams, G.P. (gol.), *Adjustments of*

the Fluvial System, (Dubuque, Iowa, Kendall/Hunt Publishing Company), t.117–37.

Thorne, C.R., a Tovey, N.K. (1981), 'Stability of composite river banks,' *Earth Surface Processes and Landforms* 6, t. 469–84.

van de Wiel, M.J., Coulthard, T.J., Macklin, M.G., Lewin, J. (2007), 'Embedding reach-scale fluvial dynamics within the CAESAR cellular automaton landscape evolution model', *Geomorphology* 90, (3-4), t. 283–301.

Walsh, P. T., (2001), *The Palaeogeography of the southern half of the British Isles and adjacent Continental Shelf at the Palaeogene/Neogene boundary and its subsequent modification: a reconsideration* (Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Slaskeigo), t.160.

Wilson, C.M., a Smart, P. (1984), 'Pipes and pipeflow processes in an upland catchment, Wales', *Catena* 11, t.145–58.

Wolfenden, P. J., a Lewin, J. (1977), 'Distribution of metal pollutants in floodplain sediments', *Catena* 4, t. 309–17.