

**Rhian Meara**

---

**Pwysigrwydd Ilofnod  
cemegol lludw folcanig  
o Wlad yr Iâ: Teffra  
“Grákolla” o losgfynydd  
Torfajökull.**

---

**Gwerddon**

**CYFNODOLYN ACADEMAIDD CYMRAEG**

Golygydd Yr Athro Ioan Williams

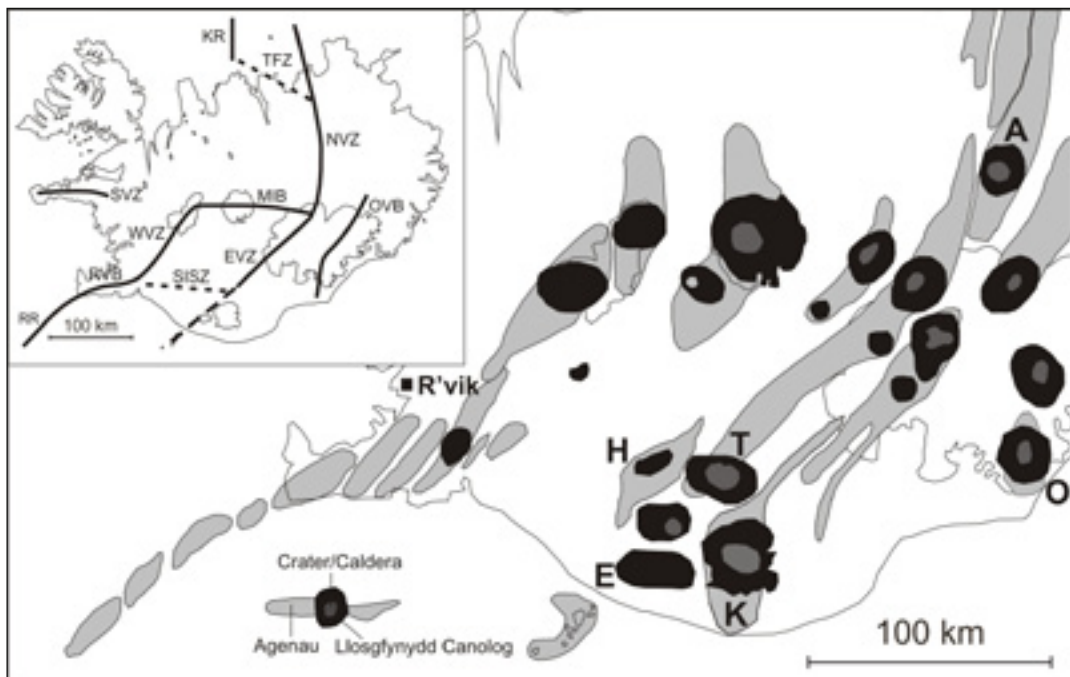
---

# Pwysigrwydd llofnod cemegol lludw folcanig o Wlad yr Iâ: Tefra “Grákolla” o losgfynydd Torfajökull.

## Rhian Meara

### Cyflwyniad

Yn ystod echdoriadau mawr, caiff lludw folcanig ei gludo yn bell drwy'r awyr cyn disgyn eto i'r ddaear. Darganfuwyd lludw o losgfynyddoedd yng Ngwlad yr Iâ, er enghraifft, mewn rhewlifoedd yn yr Ynys Las, yng ngwaddodion Môr Iwerydd, ac mewn haenau o fawn ar hyd a lled Ewrop (e.e. Dugmore et al. 1995; Grönvold et al. 1995; Eiriksson et al. 2000; Van Den Bogaard a Schmincke, 2002; Davies et al. 2008; Abbot et al. 2011). Mae gan lludw o Wlad yr Iâ nodweddion cemegol penodol iawn, sy'n galluogi ymchwilwyr i benderfynu o ba losgfynydd y mae'n dod, ac weithiau mae hyd yn oed yn bosibl gwahaniaethu rhwng nifer yr echdoriadau o fewn yr un system (Meara, 2011). O ganlyniad, gellir defnyddio lludw folcanig i ddyddio digwyddiadau mewn meysydd eraill



**Ffigwr 1:** Map o dde-orllewin Gwlad yr Iâ yn dangos lleoliad prif losgfynyddoedd yr ardal gan gynnwys Torfajökull. T: Torfajökull, H: Hekla, E: Eyjufjöll, K: Katla, A: Askja, O: Öraefajökull. Mae R'vik yn dynodi lleoliad Reykjavik sef prif ddinas Gwlad yr Iâ. Map mewnol: map strwythurol o Wlad yr Iâ yn dangos y prif agennau estyniadol. KR: Kolbinsey Ridge, TFZ: Tjörnes Fracture Zone, NVZ: Northern Volcanic Zone, OVB: Öraefi Volcanic Belt, EVZ: Eastern Volcanic Zone, MIB: Mid-Iceland Belt, SISZ: South Iceland Seismic Zone, WVZ: Western Volcanic Zone, SVZ: Snæfellsnes Volcanic Zone and RVB: Reykjanes Volcanic Belt, RR: Reykjanas Ridge (Addaswyd o Thordarson a Larsen, 2007).

amrywiol iawn, megis archaeoleg a newid hinsawdd. Dyma yw sail maes teffrocronoleg. Datblygwyd y maes yn wreiddiol ym 1944 gan y gwyddonydd Islandaidd Sigurdur Thorarinsson a bu dathlu canmlwyddiant ei enedigaeth drwy'r maes yn ystod 2012. Yn wreiddiol defnyddiwyd oedran a nodweddion ffisegol i wahaniaethu rhwng haenau teffra yng Ngwlad yr Iâ. Dros y degawdau diwethaf, mae datblygiadau mawr yn y maes wedi canolbwyntio ar ddefnyddio data cemegol i adnabod haenau teffra, a hefyd ar ddatblygu dulliau o ganfod haenau teffra microsgopig mewn ardaloedd pellennig.



a)



b)



c)

**Ffigwr 2: Lluniau o Deffra Grákolla a gasglwyd yn y maes. a) Lleoliad samplu ar fynydd Grákolla, i'r gogledd o losgfynydd Torfajökull. b) Pwmis gwyn wedi'i orchuddio â deunydd du fel tar. c) Pwmis cymysg (mingled) yn dangos cyfuniad o fagma gwyn a du. Lluniau: Rh. Meara.**

Mae'r rhan fwyaf o'r haenau lludw hyn yn deillio o echdoriadau pwerus (mawr) sy'n creu cyfeintiau mawr o gynhyrchion, megis Askja 1875 (2 km<sup>3</sup>), Hekla 1104 (2.5 km<sup>3</sup>) ac Öraefajökull 1362 (10 km<sup>3</sup>). Serch hynny, mae nifer o haenau lludw o echdoriadau llai pwerus (bach) wedi eu darganfod yng Ngwlad yr Iâ, ac mae'n bosibl bod modd defnyddio'r haenau hyn mewn astudiaethau teffrocronoleg lleol a hyd yn oed yn rhyngwladol (e.e. echdoriad Eyjafjallajökull yn 2010). Mae teffra Grákolla, o losgfynydd Torfajökull, yn enghraifft o haen teffra bach ac mae'r erthygl hon yn cyflwyno'r teffra ac yn canolbwyntio ar ei berthynas â theffra Landnám sy'n deillio o'r un system.

### **Llosgfynydd Torfajökull**

Mae llosgfynydd Torfajökull wedi ei leoli ym mhen pellaf yr "Eastern Rift Zone" yn Ne Gwlad yr Iâ (Ffig. 1; Blake, 1984). Mae'r llosgfynydd yn gorchuddio ardal o dros 400 km<sup>2</sup> (Walker, 1966; Blake, 1984) ac yn cynnwys Caldera sy'n mesur 18x13 km, ynghyd â chyfres o agennau sy'n ymestyn tuag at y gogledd-ddwyrain. Mae'r llosgfynydd canolog yn echdorri magma aeddfed – rhyolit – tra bod yr agennau yn echdorri magma anaeddfed – basalt ac andesit (Blake, 1984). Mae astudiaethau cemegol o'r cynhyrchion folcanig yn dangos rhyngweithio rhwng Torfajökull a'r system gyfagos Veidivötn. Mae'r rhyngweithio hwn wedi achosi i'r ddwy system echdorri ar y cyd ar sawl achlysur, ac o ganlyniad mae dau fagma gwahanol yn cyfuno a chymysgu (Ffig. 2c; McGarvie, 1984; Gunnarsson et al. 1998).

Mae'r llosgfynydd yn echdorri bob 600-800 mlynedd, ac mae'r echdoriadau mwyaf diweddar wedi eu dyddio i 1477 AD, 870 AD ac 150 AD (Larsen, 1984). Digwyddodd yr echdoriad yn 870 AD, teffra Landnám, ar yr adeg pan oedd mewnfydwyr yn mudo ac yn anheddu Gwlad yr Iâ ac mae'r teffra hwn wedi ei ddarganfod ar hyd a lled Ewrop (e.e. Grönvold et al. 1995; Wastegård et al. 2001, 2003; Pilcher et al. 2005). Mae'r haen hon o ludw felly'n bwysig o ran astudiaethau teffrocronoleg yn rhanbarth Gogledd yr Iwerydd (Pilcher et al. 2005). Mae teffra Grákolla, o'r echdoriad a ddigwyddodd yn 150 AD, heb ei ddarganfod y tu hwnt i Wlad yr Iâ hyd yn hyn. Serch hynny, mae gan y lludw hwn botensial ar gyfer astudiaethau gwyddonol lleol yng Ngwlad yr Iâ.

### **Teffra Grákolla**

Enwyd teffra Grákolla ar ôl ei leoliad safonol i'r gogledd-ddwyrain o losgfynydd Torfajökull. Enw arall ar y teffra yw Teffra Domadalshraun ac mae'n cynrychioli gwedd ffrwydrol olaf yr echdoriad o'r un enw (Jakobsson, 1979). Dyddiwyd y teffra i 1840 +/- 100 mlynedd cyn y presennol neu 150 +/- 100 mlynedd AD (Larsen, 1984). Mae gan y cynhyrchion folcanig gyfaint o 0.05 km<sup>3</sup> neu 0.01 km<sup>3</sup> DRE (*dense rock equivalent*) sef y cyfaint a geid pe bai'r cynhyrchion hyn wedi echdorri ar ffurf deunydd solet (Blake, 1982). Dengys gwaith mapio lleol fod y teffra wedi ei gludo yn benodol i'r gogledd-ddwyrain. Yn y man samplu, mae gan y teffra drwch o hyd at 3m (Blake, 1984; Larsen, 1984). Nid yw'r trwch hwn yn para dros bellteroedd mawr, ond mae'n bosibl bod rhan helaeth o'r dyddodion wedi eu herydi dros amser fel y nodwyd yn achos gwaddodion yr echdoriad yn 2010 (G. Larsen, cyfathrebiad personol). Mae gan y teffra haenau o bwms brown a gwyn am yn ail (Ffig. 2a), a chlastiau unigol yn dangos magma cymysg (Ffig. 2c) tra bod eraill wedi eu gorchuddio â deunydd fel tar (Ffig. 2b). Hyd yn hyn, ychydig iawn o astudiaethau sydd wedi'u cwblhau ar deffra Grákolla â'r rhan fwyaf yn un agwedd yn unig ar brosiectau mwy sy'n canolbwyntio ar

y llosgfynydd. Hon yw'r brif astudiaeth gyntaf sy'n canolbwyntio ar y teffra ynghyd â'r cyflwyniad cyntaf o ddata cemegol arno.

### **Methodoleg**

Yn ystod cyfnod o waith maes yng Ngwlad yr Iâ, darganfuwyd ac astudiwyd trawsdoriad cyfeiriadol o deffra Grákolla. Nodwyd a disgrifiwyd holl nodweddion ffisegol y teffra sef lliw, trwch, maint a siâp y clastiau, ceudodiad a natur y ffenocrystiau (Meara, 2011). Casglwyd y data hyn er mwyn deall y prosesau echdorri, gan gynnwys pa mor rymus a ffrwydrol oeddent, y cynnwys nwyol, y prosesau cludo, a sut y ffurfiwyd a storiwyd y magma o fewn y ddaear. Hefyd, tynnwyd lluniau a chasglwyd samplau drwy drwch yr haen er mwyn dadansoddi nodweddion cemegol yn ôl yn y labordy.

Casglwyd data'r prif elfennau ar yr *Electron Microprobe* (EMPA) ym Mhrifysgol Caeredin, ar y model Cameca SX100 gan ddilyn y dulliau a nodir yn fanwl yn Hayward (2012). Defnyddiwyd y rhaglen "Gwasgaru Tonfedd Safonol" â foltedd cyflymu o 15 kV a cherynt pelydryn o 2 nA i'r elfennau Si, Al, Fe, Mg, Ca, Na a K ac 80 nA i'r elfennau Mn a Ti. Diamedr y pelydryn oedd 5 µm, a defnyddiwyd amseroedd cyfrif o 20 eiliad i bob elfen heblaw Mn a Ti a gyfrifwyd am 50 eiliad a 40 eiliad yn ôl eu trefn. Rhedwyd y rhaglen am 5 munud ar bob sampl. Mae'r rhaglen hon yn sicrhau y collir y lleiaf posibl o elfennau mudol, yn enwedig Sodiwm. Gwrthodwyd unrhyw ddata nad oedd yn dangos cyfanswm o 97 y cant neu fwy. Lipari1 (rhyolit) a BHVO2g (basalt) oedd y deunyddiau safonol a ddefnyddiwyd i sicrhau safon uchel y data. Ychwanegwyd cywiriadau ZAF gan ddefnyddio meddalwedd XPhi Cameca PeakSight.

Casglwyd data elfennau hybrin ar y *Laser Ablation ICP-MS* (LA-ICP-MS) ym Mhrifysgol Aberystwyth ar y model Coherent GeoLas ArF 193 nm Excimer wedi'i gyfuno â Thermo Finnegan Element 2 sector field ICP-MS yn dilyn y fethodoleg a nodwyd yn Pearce et al. (2004). Casglwyd data'r elfennau hybrin gan ddefnyddio craterau abladiad â diametrau o 20 a 10 µm gan ddibynnu ar faint y gronynnau. Defnyddiwyd egni laser o 10 Jcm<sup>-2</sup> ar gyfradd ailadrodd o 5 Hz dros gyfnod o 24 eiliad. Defnyddiwyd yr isotop <sup>29</sup>Si a gasglwyd drwy EMPA yng Nghaeredin i gymharu a gwrthygyferbynnu'r data. Normaleiddiwyd y crynodiadau SiO<sub>2</sub> yn ôl confensiynau y maes er mwyn calibreiddio'r peiriant gan ddefnyddio'r defnydd NIST SRM 612 (Pearce et al. 1997). Addaswyd y broses o gallbreiddio wrth ddefnyddio diametr crater gwahanol i oresgyn unrhyw amrywiadau arbrolol a fyddai'n deillio o'r meintiau gwahanol (Pearce et al. 2011).

### **Canlyniadau a Thrafodaeth Deffrocronolegol**

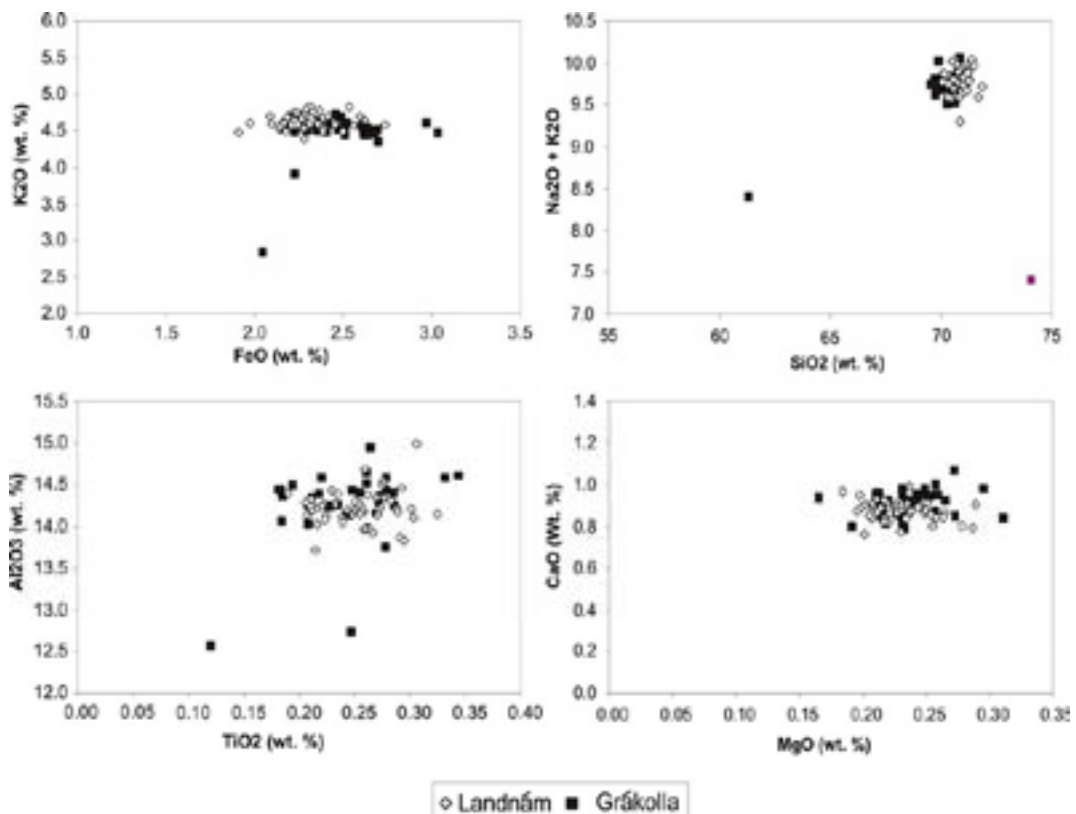
Cyflwynwyd tablau o ddata'r prif elfennau a data'r elfennau hybrin a gasglwyd i'r gwaith hwn yn Meara (2011) sydd ar gael o lyfrgell Prifysgol Caeredin.

Yn wreiddiol, gwahaniaethwyd rhwng haenau lludw gan ddefnyddio eu hoedran a'u nodweddion ffisegol, gan gynnwys eu mynegrif plygiant (*refractive index*) (Persson, 1971). Bellach, gellir defnyddio data cemegol, yn benodol data'r prif elfennau, i ddarganfod tarddle haenau teffra (e.e. Dugmore, 1989; Dugmore et al. 1995; Turney et al. 1997; Lowe, 2011; Meara, 2011). Mae hyn yn bosibl gan fod pob llosgfynydd yng Ngwlad yr Iâ yn dangos ôl bys cemegol penodol. Mae hyn yn dibynnu ar i), ei leoliad o fewn system

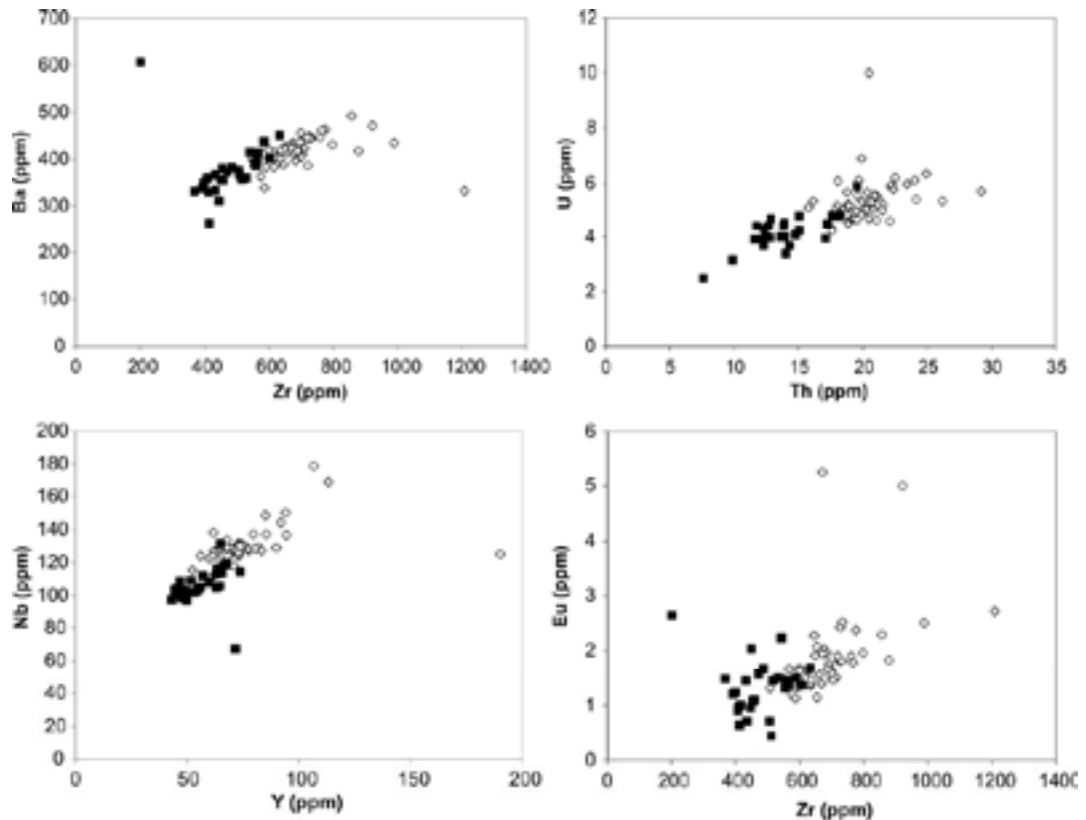
agennau rhanbarthol Gwlad yr Iâ, a ii), y berthynas â'r bluen fantell a awgrymwyd ar gyfer Gogledd yr Iwerydd (Martin a Sigmarsson, 2010).

Mae hefyd yn bosibl weithiau defnyddio'r data hyn i wahaniaethu rhwng haenau lludw a echdorwyd o fewn yr un llosgfynydd (Meara, 2011). Mae'r broses o ddefnyddio data'r elfennau hybrin o fewn astudiaethau teffrocronoleg yn ddatblygiad gweddol newydd (e.e. Pearce et al. 1999; 2004; 2007). Mae elfennau hybrin yn fwy sensitif i wahaniaethau bach sy'n digwydd wrth ffurfio a storio magma, ac felly maent yn galluogi ymchwilyr i adnabod a gwahaniaethu rhwng haenau teffra a fyddai fel arall yn ymddangos yn gemegol yr un fath.

Mae'r rhan fwyaf o astudiaethau teffrocronoleg sy'n ymwneud â Gwlad yr Iâ wedi canolbwyntio ar echdoriadau mawr a'u cynhyrchion, sydd wedi eu darganfod ar hyd a lled rhanbarth Gogledd yr Iwerydd (e.e. Dugmore et al. 1995; Larsen et al. 1999; Hall, 2003). Mae echdoriadau bach, megis y teffra Grákolla, ar y cyfan heb eu dadansoddi gan nad oedd neb yn sylweddoli eu potensial ar gyfer dyddio digwyddiadau (Dugmore et al. 1996). Serch hynny, dangosodd echdoriad diweddar llosgfynydd Eyjafjallajökull yn 2010 fod modd i echdoriadau bach gludo lludw dros bellteroedd mawr (Stevenson et al. 2012). Mae'n bosibl mai echdoriadau bach tebyg yw ffynonellau gwreiddiol nifer o'r haenau lludw sydd wedi eu darganfod ar hyd Ewrop ond sydd heb eu cysylltu hyd yn hyn



**Figwr 3:** Graffiau yn dangos data'r prif elfennau a gasglwyd gan electron microprobe ym Mhrifysgol Caeredin i'r haenau teffra Grákolla a Landnám. Mae pob graff yn dangos bod ôl bys cemegol y ddau deffra yn un fath. Mae tablau data llawn ar gael yn Meara (2011).



**Ffigwr 4: Graffiau yn dangos data'r elfennau hybrin a gasglwyd gan LA-ICP-MS ym Mhrifysgol Aberystwyth ar gyfer yr haenau teffra Grákolla a Landnám. Mae pob graff yn dangos bod ôl bys cemegol y ddau deffra yn wahanol er bod ychydig o orgyffwrdd yn parhau. Mae tablau data llawn ar gael yn Meara (2011).**

â ffynhonnell benodol yng Ngwlad yr Iâ, er enghraifft MOR-T4 (Chambers et al. 2004), Teffra Tjørnuvík (Wastegård et al., 2001), Teffra Glenn Garry (Pilcher et al. 2005), Teffra An Druim (Ranner et al. 2005) a Theffra Borrobol (Turney et al. 1997).

Mae'r data a gasglwyd ar gyfer y gwaith hwn yn gam cyntaf yn y dasg o godi ymwybyddiaeth o'r haenau lludw bach hyn. Cymharwyd y data ar gyfer teffra Grákolla â data teffra Landnám (Meara, 2011), sef yr echdoriad arall o losgfynydd Torfajökull a ddisgrifiwyd uchod. Ni chymharwyd ef â theffra 1477 gan ei fod yn wahanol iawn o ran cyfansoddiad cemegol.

Mae Ffigwr 3 yn gasgliad o bedwar graff sy'n dangos data'r prif elfennau a gasglwyd ar gyfer haenau teffra Grákolla a Landnám. Mae'r graffiau yn dangos bod y setiau data yn gorgyffwrdd yn gyson, a hyn yn profi bod gan y ddau deffra ôl bys yr un fath ac nad oes modd gwahaniaethu rhyngddynt. Mae hyn yn cadarnhau bod dibynnu ar ddata cemegol prif elfennau yn unig yn gallu arwain at gam-adnabod haenau teffra.

Mae Ffigwr 4 yn gasgliad o bedwar graff sy'n dangos data'r elfennau hybrin a gasglwyd ar gyfer yr haenau teffra Grákolla a Landnám. Mae pob graff yn dangos dau glwstwr penodol sy'n caniatáu gwahaniaethu rhwng y ddau deffra â'r lleiaf posibl o orgyffwrdd. Mae hyn yn cadarnhau darganfyddiadau Meara (2011) bod haenau teffra sy'n tarddu

o fewn yr un llosgfynydd yn gallu ymddangos yn gemegol yr un fath wrth ddefnyddio data'r prif elfennau yn unig, ond y gellir gwahaniaethu rhyngddynt wrth ddefnyddio data'r elfennau hybrin. Yn benodol, gellir gwahaniaethu rhwng y ddau deffra hyn drwy ddefnyddio'r elfennau Sirconiwm (Zr), Thoriwm (Th), Niobiwm (Nb) ac Ytriwm (Y). Serch hynny, mae angen gofal wrth ddefnyddio data cemegol i adnabod haenau teffra, a dylid defnyddio pob math o ddata er mwyn sicrhau ein bod yn adnabod y teffra mewn modd dibynadwy.

Un achos lle gwelir mantais bosibl defnyddio elfennau hybrin yw Wastegård et al. (2003). Yn eu herthygl, mae'r awduron yn canfod haen o deffra o fewn cyfres waddodol yn yr Ynysoedd Ffarøe. Mae ôl bys cemegol y teffra yn debyg i deffra Landnám, ac felly mae'r awduron yn nodi oedran o 870 AD ar gyfer yr haen. Defnyddir y teffra hwn i ddyddio mudo ac anheddu cyntaf yr ynysoedd, pwnc llosg yn y maes (e.e. Jóhanssen, 1985; Arge, 1991; Dugmore et al. 2005). Mae'r awduron hefyd yn nodi bod plateau yn y dechreg dyddio radio carbon yn y cyfnod hwn ac felly nad oes modd gwirio'r dyddiadau a awgrymwyd.

Mae'n bwysig pwysleisio nad yw casgliadau Wastegård et al. (2003) yn cael eu hamau yma. Mae'r awduron yn cefnogi eu casgliadau drwy ddefnyddio data stratigraffig lleol ac yn cymharu eu data â chyfres waddodol yng Ngwlad yr Iâ. Bwriad yr erthygl hon yw dangos bod penderfynu pa deffra sydd o dan sylw gan ddefnyddio data prif elfennau yn unig, heb unrhyw ddata arall i gadarnhau hyn, yn gallu arwain at gam-ddyddio mewn perthynas â digwyddiadau eraill. Pe bai'r haen yn Ynysoedd Ffarøe wedi deillio o deffra Grákolla ac nid teffra Landnám, byddai anghysondeb dyddio o hyd at 600 mlynedd wedi amharu ar yr astudiaeth. Gan fod ffurfiant cyfresi gwaddodol ar y tir ac yn y môr yn dibynnu ar ba mor gyflym y dyddodir deunydd newydd, mae'n bosibl na fyddai modd gwahaniaethu rhwng digwyddiadau 600 mlynedd ar wahân. Er bod gwahaniaeth o 600 mlynedd yn cael ei ystyried yn gyfnod byr iawn o ran digwyddiadau daearegol, y mae'n gyfnod hir wrth drafod digwyddiadau dynol.

Mae sefyllfa fel hon yn cadarnhau pwysigrwydd defnyddio elfennau hybrin mewn astudiaethau teffrocronoleg. Mae'r data a gyflwynwyd yn yr erthygl hon yn dangos bod elfennau hybrin yn ein galluogi i wahaniaethu rhwng haenau teffra Grákolla a Landnám gyda'r lleiaf bosibl o orgyffwrdd yn y data. Byddai defnyddio'r data hyn yn Wastegård et al. (2003) yn cadarnhau pa haen o deffra sydd yn Ynysoedd Ffarøe ac yn darparu methodoleg dibynadwy i ddyddio mudo ac anheddu dynol yn yr ardal.

## Casgliadau

Mae haenau teffra a lludw o echdoriadau ffrwydrol yng Ngwlad yr Iâ wedi eu darganfod ar hyd a lled Ewrop ac fe'u defnyddiwyd mewn astudiaethau teffrocronoleg wrth geisio dyddio digwyddiadau penodol. Cafwyd teffra Landnám yn Norwy, yr Ynys Las ac Ynysoedd Ffarøe ac mae data prif elfennau'r teffra wedi'u casglu a'u hastudio yn drylwyr. Mae teffra Grákolla, o'r un system, wedi'i anwybyddu yn y rhan helaeth o astudiaethau oherwydd cyfaint bach y teffra. Cyfranna'r erthygl hon tuag at lenwi'r bwch, gan fod pwysigrwydd haenau teffra bach yn cynyddu ym maes teffrocronoleg.

Mae'r data newydd a gyflwynwyd ar gyfer haenau teffra Landnám a Grákolla yn dangos bod ganddynt ôl bys cemegol yr un fath wrth ddefnyddio data'r prif elfennau,



er bod gwahaniaeth oedran o hyd at 600 mlynedd rhyngddynt. Mae hyn yn adlewyrchu darganfyddiadau Dugmore et al. (1996) a Larsen et al. (1999) ar gyfer llosgfynydd Hekla ac yn amlygu'r problemau all godi os ydym yn dibynnu ar ddata'r prif elfennau yn unig. Mae defnyddio data'r elfennau hybrin yn ein galluogi i wahaniaethu rhwng yr haenau â'r lleiaf posibl o orgyffwrdd ac mae hyn yn caniatáu adnabod pa deffra sydd gennym pan na fydd y ddau yn bresennol yn yr un lleoliad. Mae pwysigrwydd hyn yn fwy fyth mewn sefyllfa lle na ellir defnyddio dulliau radio carbon i gadarnhau dyddiadau. Gan fod ôl bys cemegol y ddau deffra yn ymddangos yn unfath o safbwynt y prif elfennau ond yn wahanol wrth astudio elfennau hybrin, y cam nesaf yn y gwaith fydd dadansoddi ychydig ar brosesau ffurfiant a storio magma sy'n digwydd o fewn y llosgfynydd.

Gall canfod ôl bys cemegol yr haenau teffra hyn o echdoriadau bach yng Ngwlad yr Iâ roi cyfle i adnabod haenau microsgopig o deffra mewn rhannau pellennig o Ewrop sydd heb eu cysylltu â tharddle penodol hyd yn hyn. Bydd datblygu'r gwaith hwn yn gwella a chryfhau maes teffrocronoleg wrth iddo dyfu a datblygu.

### Llyfryddiaeth

Abbott, P. M., Davies, S. M., Austin, W. E., Pearce, N. J. G. a Hibbert, F. D. (2011), 'Identification of cryptotephra horizons in a North East Atlantic marine record spanning marine isotope stages 4 and 5a (-60,000-82,000 a b2k)', *Quaternary International*, 246 (1-2), tt. 177-89.

Arge, S. V. (1991), 'The Landnám in the Faroes', *Arctic Anthropology*, 28 (2), tt. 101-20.

Blake, S. (1982), *Physical aspects of selected volcano-magmatic processes* (Traethawd PhD, Prifysgol Lancaster).

Blake, S. (1984), 'Magma mixing and hybridization processes at the alkalic, silicic, Torfajökull central volcano triggered by tholeiitic Veidivötn fissuring, south Iceland', *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 22 (1-2), tt. 1-31.

Chambers, F. M., Daniell, J. R. G., Hunt, J. B., Molloy, K. ac O'Connell, M. (2004), 'Tephrostratigraphy of An Loch Mór, Inis Oírr, western Ireland: implications for Holocene tephrochronology in the northeastern Atlantic region', *The Holocene*, 14 (5), tt. 703-20.

Davies, S. M., Wastegård, S., Rasmussen, T. L., Svensson, A., Johnsen, S. J., Steffensen, J. P. ac Andersen, K. K. (2008), 'Identification of the Fugloyarbanki tephra in the NGRIP ice core: a key tie-point for marine and ice-core sequences during the last glacial period', *Journal of Quaternary Science*, 23 (5), tt. 409-14.

Dugmore, A. J. (1989), 'Icelandic volcanic ash in Scotland', *Scottish Geographical Magazine*, 105 (3), tt. 168-72.

Dugmore, A. J., Larsen, G. a Newton, A. J. (1995), 'Seven tephra isochrones in Scotland', *The Holocene*, 5 (3), tt. 257-66. Dugmore, A. J., Newton, A. J., Edwards, K. J., Larsen, G., Blackford, J. J. a Cook, G. T. (1996), 'Long distance marker horizons from small scale eruptions: British tephra deposits from the AD 1510 eruption of Hekla, Iceland', *Journal of Quaternary Science*, 11 (6), tt. 511-16.

Dugmore, A. J., Church, M. J., Buckland, P. C., Edwards K. J., Lawson, I., McGovern, T. H., Panagiotakopulu, E., Simpson, I. A., Skidmore, P. a Sveinbjarnardóttir, G. (2005), 'The Norse Landnám on the North Atlantic Islands: an environmental impact assessment', *Polar Record*, 41 (216), tt. 21-37.

Eiríksson, J., Knudsen, K. L., Hafliðason, H. a Heinemeier, J. (2000), 'Chronology of late Holocene climatic events in the northern North Atlantic based on AMS 14C dates and tephra markers from the volcano Hekla, Iceland', *Journal of Quaternary Science*, 15 (6), tt. 573-80.

Grönvold, K., Óskarsson, K., Johnsen, S. J., Clausen, H. B., Hammer, C. U., Bond, G. a Bard, E. (1995), 'Ash layers from Iceland in the Greenland GRIP ice core correlated with oceanic and land sediments', *Earth and Planetary Science Letters*, 135 (1-4), tt. 149-55.

Gunnarsson, B., Marsh, B. D. a Taylor Jr, H. P. (1998), 'Generation of Icelandic rhyolites: silicic lavas from the Torfajökull central volcano', *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 83 (1-2), tt. 1-45.

Hall, V. A. (2003), 'Vegetation history of mid- to western Ireland in the 2nd Millennium AD; fresh evidence from tephra-dated palynological investigations', *Vegetation History and Archaeobotany*, 12 (1), tt. 7-17.

Hayward, C. (2012), 'High spatial resolution electron probe microanalysis of tephras and melt inclusions without beam-induced chemical modification', *The Holocene*, 22 (1), tt. 119-25.

Jakobsson, S.P., (1979), 'Petrology of recent basalts of the Eastern Volcanic Zone, Iceland', *Acta Naturalia Islandica*, 26, tt. 1-103.

Larsen, G. (1984), 'Recent volcanic history of the Veidivötn fissure swarm, southern Iceland – an approach to volcanic risk assessment' *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 22 (1-2), tt. 33-58.

Larsen, G., Dugmore, A. a Newton, A. (1999), 'Geochemistry of historical-age tephras in Iceland', *The Holocene*, 9 (4), tt. 463-71.

Lowe, D. J. (2011), 'Tephrochronology and its application: A review', *Quaternary Geochronology*, 6 (2), tt. 107-53.

Martin, E. a Sigmarsson, O. (2010), 'Thirteen million years of silicic magma production in Iceland: Links between petrogenesis and tectonic setting', *Lithos*, 116 (1-2), tt. 129-44.

McGarvie, D. W. (1984), 'Torfajökull – a volcano dominated by magma mixing', *Geology*, 12 (11), tt. 685-8.

McGarvie, D. W., Macdonald, R., Pinkerton, H. a Smith, R. L. (1990), 'Petrogenetic evolution of the Torfajökull volcanic complex, Iceland II. The role of magma mixing', *The Journal of Petrology*, 31 (2), tt. 461-81.

McGarvie, D. W., Burgess, R., Tindle, A. G., Tuffen, H. a Stevenson, J. A. (2006), 'Pleistocene rhyolitic volcanism at Torfajökull, Iceland: eruption ages, glaciovolcanism, and geochemical evolution', *Jökull*, 56, tt.57-75.

Meara, Rh. H. (2011), *Geochemical Fingerprinting of Icelandic silicic Holocene Tephra Layers*, (Traethawd PhD. Prifysgol Caeredin).

- Pearce, N. J. G., Denton, J. S., Perkins, W. T., Westgate, J. A. & Alloway B. V. (2007), 'Correlation and characterisation of individual glass shards from tephra deposits using trace element laser ablation ICP-MS analyses: current status and future potential', *Journal of Quaternary Science*, 22 (7), tt.721-36.
- Pearce, N. J. G., Perkins, W. T., Westgate, J. A., Gorton, M. P., Jackson, S. E., Neal, C. R. & Chenery S. P. (1997), 'A compilation of new and published major and trace element data for NIST SRM 610 and NIST SRM 612 glass reference materials', *Geostandards Newsletter*, 21 (1), tt. 115-44
- Pearce, N. J. G., Perkins W. T., Westgate J. A & Wade S. C. (2011), 'Trace-element microanalysis by LA- ICP-MS: the quest for comprehensive chemical characterisation of single sub-10 µm volcanic glass shards', *Quaternary International*, 246 (1-2), tt.57-81.
- Pearce, N. J. G., Westgate, J. A. & Perkins, W. T. (1996), 'Developments in the analysis of volcanic glass shards by Laser Ablation ICP-MS: quantitative and single internal standard-multi-element methods', *Quaternary International*, 34-36, tt. 213-27.
- Pearce, N. J. G., Westgate, J. A., Perkins, W. T., Eastwood, W. J. & Shane, P. (1999), 'The application of laser ablation ICP-MS to the analysis of volcanic glass shards from tephra deposits: bulk glass and single shard analysis', *Global and Planetary Change*, 21 (1-3), tt. 151-71.
- Pearce N. J. G., Westgate J. A., Perkins W. T. & Preece S. J. (2004), 'The application of ICP-MS methods to tephrochronological problems', *Applied Geochemistry*, 19 (3), tt. 289-322.
- Persson, C. (1971), 'Tephrochronological investigations of peat deposits in Scandinavia and on the Faroe Islands', *Sveriges Geologiska Undersökning Serie C Årsbok*, 65 (2), tt. 3-34.
- Pilcher, J., Bradley, R. S., Francus, P. & Anderson, L. (2005), 'A Holocene tephra record from the Lofoten Islands, Arctic Norway', *Boreas* 34 (2), tt. 136-56.
- Ranner, P. H., Allen, J. R. M. & Huntley, B. (2005), 'A new early Holocene cryptotephra from north-west Scotland', *Journal of Quaternary Science*, 20 (3), tt. 201-08.
- Saemundsson, K. (1972), 'Jarðfræðiglefsur um Torfajökulssvæðið', *Náttúrufræðingurinn*, 42, tt. 81-99.
- Saemundsson, K. & Friðleifsson, G. Ó. (2001), *Geological map of the Torfajöll central volcano, 1:40,000* (National Energy Authority, Iceland).
- Stevenson, J. A., Loughlin, S., Rae, C., Thordarson, Th., Milodowski, A. E., Gilbert, J. S., Harangi, S., Lukacs, R., Højgaard, B., Ártung, U., Pynne-O'Donnell, S., MacLeod, A., Whitney, B. & Cassidy, M. (2012), 'Distal deposition of tephra from the Eyjafjallajökull 2010 summit eruption', *Journal of Geophysical Research*, 117: B00C10, doi:10.1029/2011JB008904, 2012.
- Thorarinsson, S. (1944), 'Tephrochronologiska studier på Island. Nagra tillägg och rättelser', *Geografiska Annaler*, 26, tt. 1-217.
- Thordarson, T. & Larsen, G. (2007), 'Volcanism in Iceland in historical time: Volcano types, eruptions styles and eruptive history', *Journal of Geodynamics*, 43 (1), tt. 118-52.
- Turney, C. S. M., Harkness, D. D. & Lowe, J. J. (1997), 'The use of microtephra horizons to correlate Late-glacial lake sediment successions in Scotland', *Journal of Quaternary Science*, 12 (6), tt. 525-31.

Turney, C. S. M., Van Den Burg, K., Wastegård, S., Davies, S. M., Whitehouse, N. J., Pilcher, J. R. a Callaghan, C. (2006), 'North European last glacial-interglacial transition (LGIT; 15 – 9 ka) tephrochronology: extended limits and new events', *Journal of Quaternary Science*, 21 (4), tt. 335-45.

Van den Bogaard, C. a Schmincke, H-U. (2002), 'Linking the North Atlantic to central Europe: a high resolution Holocene tephrochronological record from northern Germany', *Journal of Quaternary Science*, 17 (1), tt. 3-20.

Walker, G. P. L. (1966), 'Acid volcanic rocks in Iceland', *Bulletin of Volcanology*, 29 (1), tt. 375-402.

Wastegård, S., Björck, S., Grauert, M. a Hannon, G. E. (2001), 'The Mjáuvøtn tephra and other Holocene tephra horizons from the Faroe Islands: a link between Icelandic source region, the Nordic Seas and the European continent', *The Holocene*, 11 (1), tt. 101-9.

Wastegård, S., Hall, V. A., Hannon, G. E., Van Den Bogaard, C., Pilcher, J. R., Sigurgeirsson, M. Á. a Hermanns-Auoardóttir, M. (2003), 'Rhyolitic tephra horizons in northwestern Europe and Iceland from the AD 700s – 800s: a potential alternative for dating first human impact', *The Holocene*, 13 (2), tt. 277-83.

Westgate, J. A. a Gordon, M. P. (1981), 'Correlation techniques in tephra studies', yn Self, S., Sparks, R. S. J. (goln.), *Tephra Studies*, (D. Reidal: Dordrecht), tt. 73-94.