

ZPRÁVY Z VÝZKUMU A DISKUZE

Vývoj údolí řeky Boyne (Irsko)

TEREZA STEKLÁ

Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, katedra fyzické geografie a geoekologie, Albertov 6, 128 43, Praha 2, Česko; tereza.stekla@gmail.com

ABSTRACT Evolution of Boyne River valley (Ireland) – The evolution of the Boyne River valley (Ireland) was influenced by morphostructural conditions and glacial processes. The deranged drainage system of the upper Boyne River is an example of a glacially modified watershed. The lower Boyne valley was also influenced by a diverse bedrock and retrograde erosion caused by a glacio-isostatic uplift of Ireland during the late Quaternary. The combination of geomorphic signs of the glacio-isostatic uplift and climate changes has produced the development of six accumulation river terraces.

KEY WORDS river valley evolution – Boyne – Ireland

STEKLÁ, T. (2019): Vývoj údolí řeky Boyne (Irsko). Informace ČGS, 38, 1, 1–11.

© Česká geografická společnost, z. s., 2019

1. Úvod

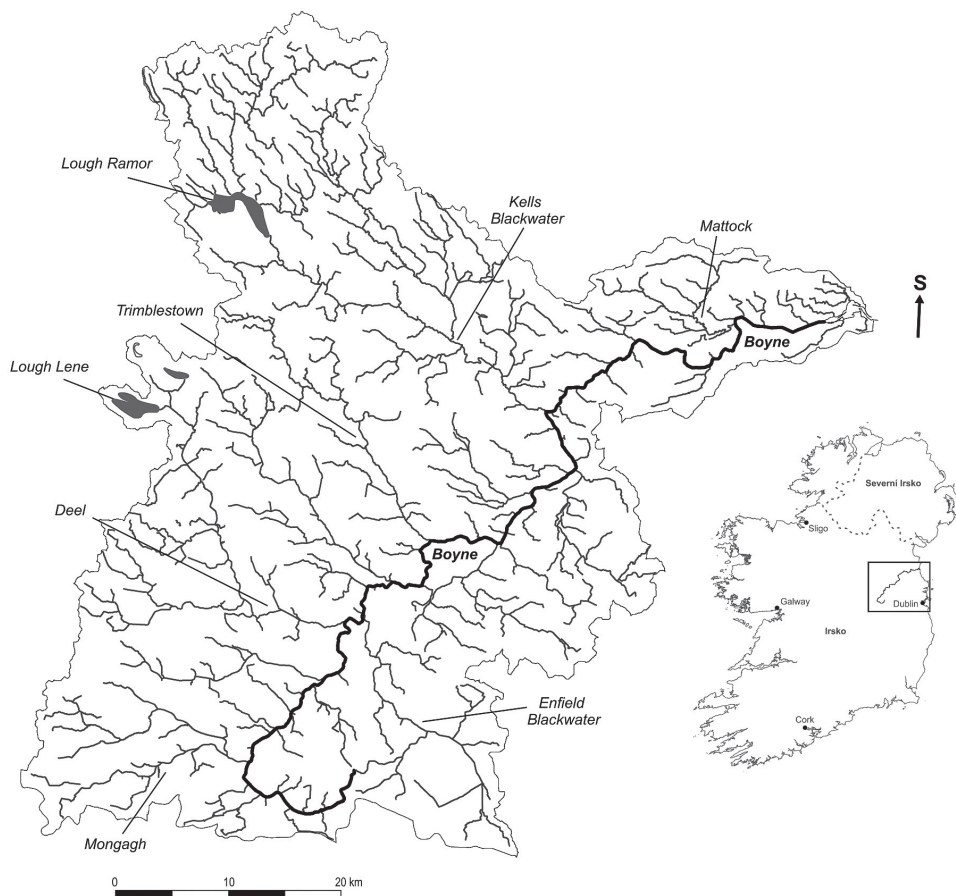
Poslední zalednění v mladším pleistocénu významně ovlivnilo vývoj přírodního prostředí Irského ostrova. Ledovcová modelace zasáhla většinu reliéfu tohoto ostrova, včetně charakteru údolní sítě. Pozornost irské geomorfologie se dosud soustředila převážně na glaciální tvary a fluviální procesy byly opomíjeny. Cílem předložené studie je shrnutí současných poznatků o vývoji údolí irské řeky Boyne, které má rysy glaciální a periglaciální modelace a zároveň je zajímavé pestrými geologickými podmínkami. Řeka Boyne má velký historický význam, jelikož je spojena s rozvojem prehistorického osídlení a kultury Irska v období neolitu (Stout, Holloway 1991; Stout 2002). Na jejím dolním toku se nacházejí unikátní archeologické lokality, včetně chodbových hrobek Newgrange, Knowth a Dowth.

2. Geomorfologická charakteristika povodí Boyne

Povodí řeky Boyne se nachází na východním pobřeží Irska v severovýchodní části Centrální irské planiny (obr. 1). Jedná se o nížinnou oblast se zvlněným glaciálně a periglaciálně modelovaným reliéfem, který je charakteristický výskytem morén, eskerů a drumlinů. Tento reliéf se vytvořil převážně na vápencích a pískovcích spodního karbonu. K uložení vápence došlo v prostředí tropického moře, zatímco karbonské pískovce na dolním toku Boyne vznikly akumulací v deltovém systému ústí velké řeky (Bedrock Geological Map of Ireland 2006; Lewis et al. 2008). Rozšíření karbonských vápenců a jejich hojné stavební využití odráží i místní názvy jako Whiterock House, Rock House apod. (Stout 2002). Nejstarší horniny povodí řeky Boyne pocházejí z období kaledonského vrásnění, ke kterému došlo v průběhu staršího paleozoika při postupném uzavírání pra-oceánu Iapetus. V současném reliéfu se z těchto hornin nejvýrazněji projevují hřbety břidlic, kvarcitů a andezitových láv, které díky vysoké odolnosti proti zvětrávání a erozi významně ovlivnily vývoj povrchových tvarů povodí řeky Boyne (Parkes, Sheehan-Clarke 2005).

Pokryvné útvary povodí Boyne, které svědčí o kvartérním vývoji reliéfu, jsou tvořeny glaciálními, fluvioglaciálními a aluviálními sedimenty. Glacigenní tilly jsou zde tvořeny převážně z vápenců spodního karbonu a z proterozoických pískovců. Aluviální sedimenty popisovaného území vznikaly v holocénu, jsou netříděné a vykazují pouze ojedinělé známky vývoje půdního profilu. Z porovnání příbřežních aluviálních sedimentů řeky Boyne s jejich dalšími lokalitami v Irsku lze podle Browna et al. (2007) usuzovat, že tyto akumuláční tvary pocházejí z post-neolitického období (Lewis et al. 2008).

Povodí Boyne má znaky neuspořádaného typu říční sítě, který je typický pro oblasti ovlivněné zaledněním (obr. 1). Říční síť je zde mladá a málo vyvinutá,



Obr. 1 – Říční síť v povodí Boyne a její poloha na východním pobřeží Irska.

Zdroj: upraveno podle Lewis et al. 2008.

přítoky Boyne jsou krátké a směrově odlišné. Velká část z nich protéká jezery nebo mokřady. Vývoj této říční sítě však byl, a to zvláště na dolním toku, ovlivněn také morfostrukturními podmínkami území.

Poslední zalednění v mladším pleistocénu se projevilo také na současném tvaru údolí řeky Boyne, které má rysy glaciálně ovlivněného nížinného údolí. Na horním toku prochází Boyne otevřenou nížinou. Hloubková eroze toku zde ještě nestihla vytvořit zřetelné údolí a lokálně se dochovaly také jeho anastomózní rysy (obr. 2). Na dolním toku se naopak řeka Boyne zařezává do zvlněného reliéfu (obr. 3; Synge 1979; Meehan, Warren 1999; Lewis et al. 2008; Meath – County geological site report). Krajinnou strukturu zde v současnosti tvoří převážně orná půda a pastviny ohraničené listnatými remízky.



Obr. 2 – Letecký snímek řeky Boyne východně od města Trim s relikty anastomózního řečiště. Zdroj: upraveno podle Meath – County geological site report. Boyne river, Trim, 2016; Google Earth 2018.

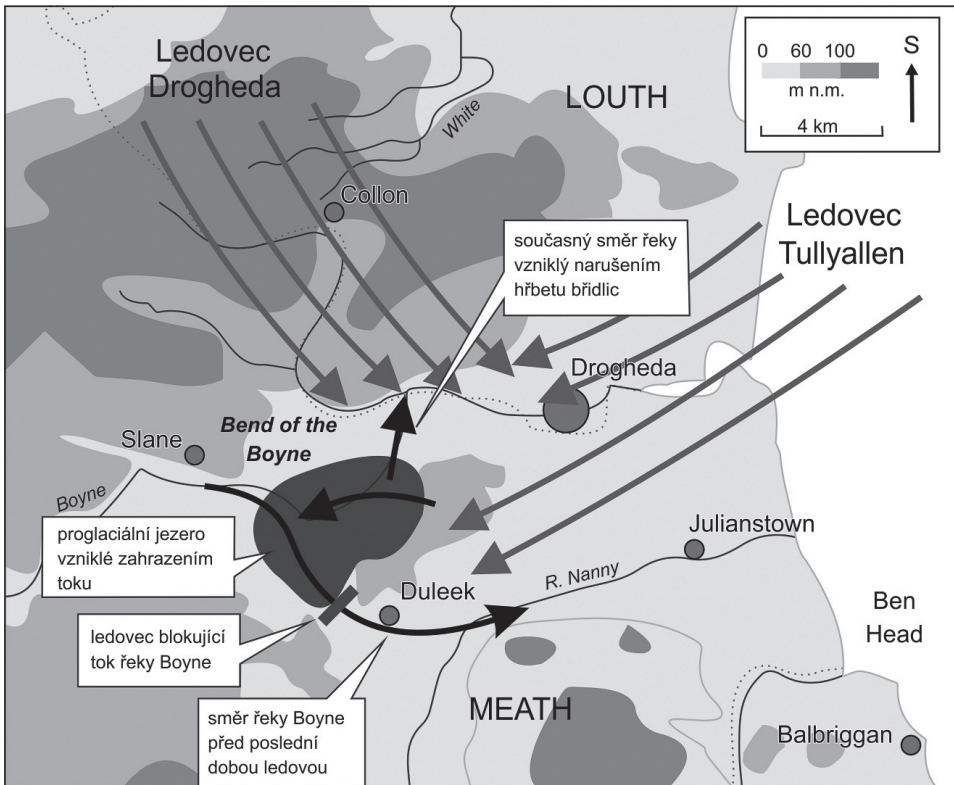


Obr. 3 – Pohled na jih z vrcholu chodbové hrobky Knowth na zaříznuté údolí řeky Boyne v meandru Brú na Boinne. V popředí jižní svah hřbetu Knowth přechází do akumulčních teras řeky Boyne. Foto: Tereza Steklá.

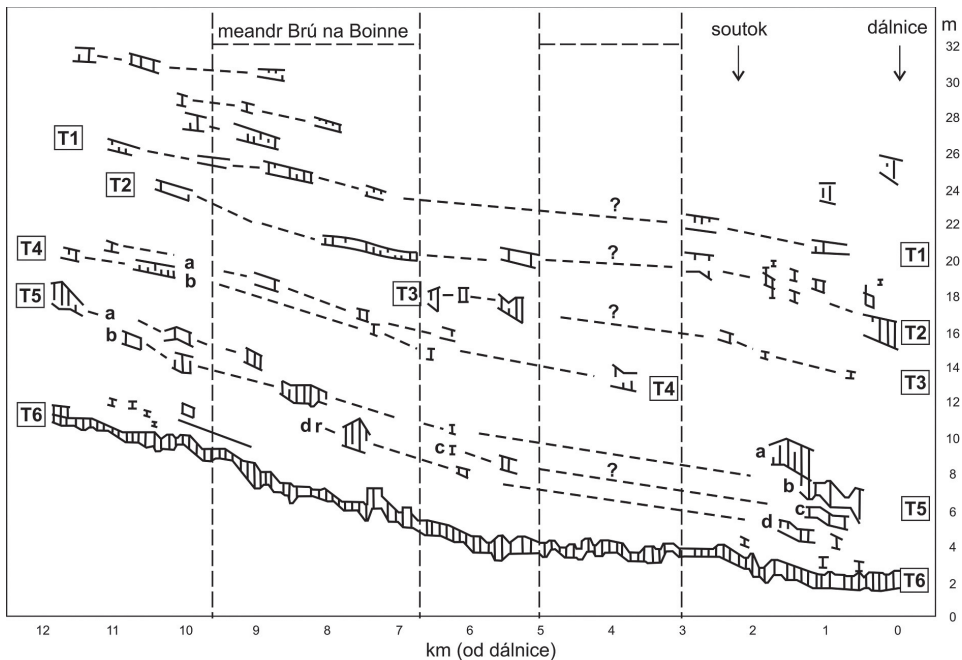
3. Vývoj údolí řeky Boyne v mladším kvartéru

Vývoj údolí řeky Boyne byl výrazně ovlivněn morfostrukturními podmínkami a posledním zaledněním (MIS 2, marinní isotopický stupeň). Pramen řeky Boyne se nachází pouze cca 40 km od Dublinského zálivu (východní okraj rašeliniště Bog of Allen), avšak nesměruje na východ, tedy nejkratší možnou cestou k moři, ale stáčí se od pobřeží ve výrazném dextrálním oblouku (obr. 1). Řeka pak pokračuje severovýchodním směrem ke svému ústí v přístavu Drogheda. Celková délka řeky Boyne dosahuje 113 km (Lewis et al. 2008, 2009).

Charakter říčního systému Boyne byl převážně ovlivněn reliéfem, který předcházel poslednímu zalednění v mladším pleistocénu. V tomto období směřoval dolní tok Boyne na jihovýchod, kde protékal současným údolím řeky Nanny. Toto údolí bylo na severu ohraničeno odolným hřbetem paleozoických břidlic (Stout 2002). Během poslední doby ledové zasáhly povodí Boyne téměř současně dva ledovce, a to Droghedský a Tullyallenský ledovec. Starší glaciální akumulace, včetně



Obr. 4 – Změny říčního systému v povodí řeky Boyne během posledního zalednění v pleistocénu. Zdroj: upraveno podle Stout 2002.



Obr. 5 – Říční akumulční terasy v údolí Brú na Boinne. Zdroj: upraveno podle Lewis et al. 2009. Morfostratigrafická pozice mladopleistocenních až holocenních teras T1 až T6 je vysvětlena v textu.

eratických balvanů, byly uloženy ledovcem Drogheda, jehož zdrojová oblast se nacházela severozápadně od povodí Boyne. Těsně po jeho ústupu ovlivnil toto území Tullyallenský ledovec postupující ze severovýchodu se zdrojovou oblastí v Irském moři (McCabe 1972). Čelo Tullyallenského ledovce zahradilo (západně od města Duleek) původní údolí Boyne a došlo k vytvoření jezera. Severní břeh tohoto jezera byl tvořen výše zmíněným hřbetem paleozoických břidlic. Tato hráz byla později protržena a došlo k zařiznutí současného údolí S–J směru (obr. 4; Stout 2002), které dále pokračuje v karbonské synklinále s osou SV–JZ směru (McCabe 1972), jejíž jádro je tvořeno břidlicemi a pískovci karbonu.

Tavné vody ustupujících ledovců vytvořily koncem posledního glaciálu rozsáhlá údolí, která jsou v současnosti odvodňována mnohem menšími toky. V povodí Boyne se také dochovaly série sanderů, glacimarinních delt a morén. V údolí dolního toku Boyne byly zjištěny tři úrovně glacifluviálních teras – Newgrange, Proudfootstown a Sheephouse (Synge 1979). Jejich vznik je vázán na jednotlivé fáze ústupu ledovce Drogheda, během kterých došlo k uložení stejnojmenných ústupových morén. K vytvoření těchto glacifluviálních teras mohlo dojít pouze za předpokladu, že v počátečních fázích ústupu ledovce hladina moře stoupala a k jejímu relativnímu snížení izostatickým výzdvihem této části Irského ostrova

docházelo až v době ústupu ledovce údolím řeky Boyne (Stout 2002; Lewis et al. 2008; Syngé 1979). K výraznému snížení mořské hladiny došlo v období vzniku glacifluviální akumulace Proudfootstown. Mocnost glacifluviálních akumulací se v údolí Boyne pohybuje mezi 100 až 180 cm.

Pomocí snímkování LiDAR (Foster et al. 2010) byl na dolním toku Boyne zjištěn systém šesti postglaciálních říčních teras (obr. 5), který vypovídá o postupných změnách v působení erozní a akumulační činnosti řeky. Podle Lewis et al. (2009) jsou vyšší terasy (T1–T4) pozdně pleistocenního až raně holocenního stáří a jejich přítomnost odráží relativní glacio-izostatický výzdvih, který se uskutečnil v průběhu a po odlednění (Lowe, Walker 1997). Nejstarší terasa T1 je spjata s glaciálními tvary reliéfu, zatímco morfologický charakter terasy T2 nese znaky rozvětvené řeky s rozsáhlými akumulacemi. Tato terasa se vytvořila v období deglaciací 20 000–17 000 let před současností (Foster et al. 2010). Povrch terasy T3 odpovídá paleolimnickým sedimentům v rašeliništi Thomastown bog, 4 km jižně od Brú na Boinne (Lewis et al. 2009). Pomocí snímků LiDAR byla také objevena raně holocenní paleokoryta řeky Boyne (Lewis et al. 2008), která jsou překryta sedimenty současné nivy (T6). Pilotní studie dvou z těchto paleokoryt určily jejich stáří na více než 1 000 let před současností (Foster et al. 2010).

4. Vývoj krajinného prostředí povodí Boyne

Vývoj údolí řeky Boyne ovlivnily také změny vegetačního pokryvu spojené s klimatickými oscilacemi v mladším kvartéru. Pylová analýza paleolimnických sekvencí v rašeliništi Thomastown bog zjistila reliktu čtyř hlavních klimatických období, a to přechod mezi vrcholnou a pozdní fází glaciálu Weichsel, pozdní Weichsel, mladší Dryas (stadiál Nahanagan) a raný holocén (Langdon, Scaife 2009). Nejstarší vzorky pylu pocházejí z období mezi vrcholnou a pozdní fází glaciálu Weichsel, jehož chladné klima je zde doloženo převahou pylových zrn borovice. Přítomnost pylových zrn *Poaceae Rumex* a jalovce obecného na konci této sekvence odpovídá oteplení klimatu a růstu biologické produktivity během pozdního Weichselu (Mayle, Cwynar 1995; Langdon, Scaife 2009). První nárůst četnosti jalovce obecného se na pylových diagramech v Irsku projevuje kolem 12 400 14C let před současností (Coxon, McCarron 2009).

Chladné prostředí tundry s převahou periglaciálních procesů je v období mladšího Dryasu potvrzeno přítomností pylových zrn *Salix* a *Thalictrum* (Langdon, Scaife 2009). Následná ameliorace je reprezentována nárůstem množství pylových zrn *Filipendula* a re-expanzí jalovce obecného. Později byla pylová zrna tundry v rašeliništi Thomastown bog nahrazena zrny *Salix* a břízou. Pokles množství zrn *Pediastrum* a nárůst *Dryopteris* naznačuje postupné změlčení jezera Thomastown. Vysychání jezerního prostředí pokračovalo i ve svrchním holocénu, který je

charakteristický listnatými lesy s menším množstvím bylinných druhů (Langdon, Scaife 2009). Pylové vzorky z oblasti Knowth naznačují, že neolitická krajina v okolí Brú na Boinne měla výrazně pastorální charakter a pouze lokálně se zde vyskytovaly zalesněné plochy. Naopak pylové analýzy z období raného středověku svědčí podle Mitchella (1942) o přítomnosti rozsáhlých zalesněných ploch.

5. Diskuze

Při sledování vývoje údolí řeky Boyne je třeba zdůraznit, že se povodí studované řeky nacházelo během posledního zalednění na okraji kontinentálního a oceánského ledovce (McCabe 1972). Tato skutečnost měla podstatný vliv na vytváření postglaciálního reliéfu. Datování sedimentů říčních teras na dolním toku Boyne ukazuje na pozdně pleistocenní až raně holocenní stáří (Lewis et al. 2009). To odpovídá stáří terasového systému i na jiných řekách, které byly během posledního glaciálního maxima zasaženy kontinentálním ledovcem, např. v údolích Yorkshire Ouse, Tees a Tyne ve Velké Británii (Passmore, Macklin 2000; Yorke 2008; Bridgland et al. 2010). Naopak terasový systém řek, které se během posledního zalednění nacházely v předpolí kontinentálního ledovce, většinou tvoří na území Velké Británie sedimenty středně pleistocenního až holocenního stáří. Rozdíl je také v rozloze povodí řek zasažených během posledního zalednění ledovcem a povodí řek v jeho předpolí (Bridgland et al. 2009). Řeky zasažené posledním zaledněním mají rozlohu povodí všeobecně menší. Tomu odpovídá i rozloha povodí řeky Boyne (2 695 km²), která je srovnatelná s povodím řeky Tyne (2 936 km²; Catchments.ie 2018; Catchment-Based Approach 2018).

Údolí řek, které byly během posledního zalednění zasaženy kontinentálním ledovcem, vykazují projevy postglaciální intenzivní hloubkové eroze podmíněné glacio-izostatickým výzdvihem. Na příklad u města Newcastle je údolí řeky Tyne zahloubeno až 30 m. U jižněji položených řek, které nebyly během MIS 2 zasaženy ledovcem, došlo k výrazně menšímu zahloubení. V údolí řeky Idle (jižně od Bawtry) dosahuje zahloubení 15 m a v údolí řeky Trent (Rampton) pouhých 10 m (Bridgland et al. 2009). Naproti tomu terasový systém řeky Boyne v oblasti Brú na Boinne dosahuje výšky 20 m (Foster et al. 2010), tedy o 10 m méně než u řeky Tyne. Vzhledem k tomu, že k ústupu zalednění v oblasti řeky Boyne došlo v období 21 900–20 700 let před současností a v okolí řeky Tyne 20 000 let před současností (Bridgland et al. 2010; Chiverrell et al. 2013; Wilson, Lord 2014) nelze menší zahloubení toku připisovat pozdějšímu nástupu glacio-izostatického výzdvihu.

Bridgland et al. (2014) vyjádřili na základě dat o říčních terasových systémech z různých klimatických oblastí názor, že se na vývoji terasových systémů významně podílí i epirogenetický výzdvih způsobený erozní izostázi a mobilitou spodní

části zemské kůry. Westaway (2009) popisuje tento proces v oblasti Britských ostrovů tak, že se erodovaný materiál z pevniny hromadí v podmořských sedimentačních centrech Severního moře a vytváří horizontální tlak západního směru, který přesouvá materiál spodní části zemské kůry zpět pod oblasti eroze. Z porovnání globálních záznamů je zřejmé, že počátkem pleistocénu (tedy koncem pliocenního klimatického optima) a během kvartéru došlo u mnoha depozičních oblastí k nárůstu sedimentace, který byl zapříčiněn výraznými klimatickými změnami (Zhang et al. 2001). Časový interval mezi nárůstem míry denudace a následným zvýšením přesunu sedimentů z depozičního centra v oblasti Britských ostrovů kratší než 100 000 let (Jones et al. 2002).

Fluviální záznamy na Britských ostrovech však potvrzují nižší rozsah vertikální složky glacio-izostatických pohybů. Stabilita zemské kůry v této oblasti stoupá směrem na západ a spolu s ní mizí i její mobilní spodní vrstva (Westaway 2010; Green et al. 2012). Masson et al. (1998) připisují toto zjištění přítomnosti paleogenní magmatické zóny. Zemská kůra v oblasti Irska by tedy měla být s ohledem na popsané údaje poměrně stabilní. Vzhledem k tomu, že bylo během MIS 2 celé Irsko zasaženo kontinentálním ledovcem (Chiverrell et al. 2013), se zde však nedochovalo žádné starší fluviální záznamy, které by tento názor potvrdily (Bridgland et al. 2014). Nižší míra zahloubení údolí řeky Boyne v porovnání s údolními britských řek, zasaženými během období MIS2 zaledněním, je pravděpodobně způsobena vyšší stabilitou zemské kůry a nepřítomností mobilní vrstvy v její spodní části (Westaway 2010; Green et al. 2012). Uvedený názor podporuje také zjištění, že na jihozápadě Irska došlo od konce pleistocénu k eroznímu prohloubení říčních údolí o pouhých 10 m.

6. Závěry

Vývoj údolí řeky Boyne svědčí o výrazné změně glacio-izostatických procesů po ústupu posledního zalednění Irska během období MIS 2. Reakcí této řeky na glacio-izostatický výzdvih a na změny klimatických podmínek vznikl na dolním toku Boyne systém 6 říčních akumulčních teras (Foster et al. 2010), který dosahuje výšky 20 m nad současným korytem řeky. Pozdně pleistocenní až raně holocenní stáří teras T1-T4 odpovídá fluviálním záznamům o říční síti Velké Británie. Menší míra zahloubení řeky Boyne v porovnání s řekami Velké Británie, které byly také zasaženy zaledněním v období MIS 2, podporuje názory o vlivu erozní izostáze a mobility spodní vrstvy zemské kůry na epirogenetický výzdvih této oblasti (Bridgland et al. 2014).

Oblast horního toku Boyne je typickým příkladem mladého a nevyvinutého povodí, které bylo v mladším pleistocénu ovlivněno činností ledovce. Vodní toky zde tvoří neuspořádanou říční síť s častým výskytem mokřadů a jezer. Reliéf

vytvořený na sedimentech karbonu dosud nebyl rozčleněn údolími vodních toků, protože zpětná eroze spojená s výzdvihem Irského ostrova v mladším kvartéru do horní části jejich povodí ještě nedosáhla. Údolí řeky Boyne i jejích přítoků jsou tedy mělká a místy se dochovaly i reliktky anastomózních koryt. Dextrální záhyb řeky Boyne v její pramenné oblasti vznikl mezi členitými povrchovými tvary na glaciálních a periglaciálních sedimentech pozdně pleistocenního a holocenního stáří.

Literatura a zdroje dat

- Bedrock Geological Map of Ireland (2006), 1: 500 000. Geological Survey of Ireland, http://spatial.dcenr.gov.ie/GSI_DOWNLOAD/Bedrock/Data/GSI_Bedrock_500k.pdf (20. 4. 2018).
- BRIDGLAND, D. R., INNES, J. B., LONG, A. J., MITCHELL, W. A. (2009): Late Quaternary Landscape Evolution of the Swale – Ure Washlands, North Yorkshire. Oxbow Books, Oxford.
- BRIDGLAND, D. R., WESTAWAY, R., HOWARD, A. J., INNES, J. B., LONG, A. J., MITCHELL, W. A., WHITE, M. J., WHITE, T. S. (2010): The role of glacio-isostasy in the formation of post-glacial river terraces in relation to the MIS 2 ice limit: evidence from northern England. *Proceedings of the Geologists' Association*, 121, 113–127.
- BRIDGLAND, D. R., WESTAWAY, R. (2014): Quaternary fluvial archives and landscape evolution: a global synthesis. *Proceedings of the Geologists' Association*, 125, 600–629.
- BROWN, A. G., AALBERSBERG, G., THORPE, M., GLANVILLE, P. (2007): Alluvial geoarchaeology in Ireland. In: Murphy, E. M., Whitehouse, N. J. (eds.): *Environmental Archaeology in Ireland*. Oxbow, Oxford, 241–258.
- Catchment-Based Approach, <https://www.catchmentbasedapproach.org/> (15. 4. 2018).
- Catchments.ie, <https://www.catchments.ie/> (15. 4. 2018).
- CHIVERRELL, R. C., THRASHER, I. M., THOMAS, G. S. P., LANG, A., SCOURSE, J. D., VAN LANDEGHEM, K. J. J., MCCARROLL, D., CLARK, C. D., O'COFAIGH, C., EVANS, D. J. A., BALLANTYNE, C. K. (2013): Bayesian modelling of the retreat of the Irish Sea Ice Stream. *Journal of Quaternary Science*, 28, 200–209.
- COXON, P., MCCARRON, S. G. (2009): Cenozoic: Tertiary and Quaternary (until 11,700 years before 2000). In: Holland, C. H., Sanders, I. S. (eds.): *The Geology of Ireland*. Dunedin Academic Press, Edinburgh, 355–396.
- FOSTER, G., TURNER, J., GALLAGHER, C., LEWIS, H. (2010): Digital elevation model based geomorphological mapping in the lower River Boyne valley, Ireland. EGU general assembly, Geophysical research abstracts, 14.
- Google Earth. <https://earth.google.com> (20. 4. 2018).
- GREEN, P. F., WESTAWAY, R., MANNING, D. A. C., YOUNGER, P. L. (2012): Cenozoic cooling and denudation in the North Pennines (northern England, UK) constrained by apatite fission-track analysis of cuttings from the Eastgate Borehole. *Proceedings of the Geologists' Association*, 123, 450–463.
- JONES, S. M., WHITE, N. J., CLARKE, B. J., ROWLEY, E., GALLAGHER, K. (2002): Present and past influence of the Iceland Plume on sedimentation. Geological Society, London, Special Publications, 196, 13–25.
- LANGDON, C., SCAIFE, R. (2009): Thomastown/Boyne: pollen analysis and vegetational history. Unpublished document.

- LEWIS, H. et al. (2008): An integrated comprehensive GIS model of landscape and land-use history in the Boyne River valley and its catchment, Phase I: Final report to the Heritage Council. Irish National Strategic Archaeological Research, 1-43.
- LEWIS, H. et al. (2009): An integrated comprehensive GIS model of landscape and land-use history in the Boyne River valley and its catchment, Phase II: Final report to the Heritage Council. Irish National Strategic Archaeological Research, 1-149.
- LOWE, J. J., WALKER, M. J. C. (1997): *Reconstructing Quaternary Environments*. Longman, Harlow.
- MASSON, F., JACOB, A. W. B., PRODEHL, C., READMAN, P. W., SHANNON, P. M., SCHULZE, A., ENDERLE, U. (1998): A wide-angle seismic traverse through the Variscan of southwest Ireland. *Geophysical Journal International*, 134, 689-705.
- MAYLE, F. E., CWCYNAR, L. C. (1995): A review of multi-proxy data for the Younger Dryas in Atlantic Canada. *Quaternary Science Review*, 14, 813-821.
- Meath - County geological site report. Boyne river, Trim, GSI, https://secure.dccae.gov.ie/GSI_DOWNLOAD/Geoheritage/Reports/MH027_Boyne_River_Trim.pdf (5. 4. 2017).
- Meath - County geological site report. Boyne Valley, GSI, https://secure.dccae.gov.ie/GSI_DOWNLOAD/Geoheritage/Reports/MH011_Boyne_Valley.pdf (5. 6. 2017).
- MEEHAN, R., WARREN, W. (1999): *The Boyne valley in Ice Age*, Geological survey of Ireland, Dublin.
- MCCABE, A. (1972): Directions of late-Pleistocene ice flows in eastern counties Meath and Louth, Ireland. *Irish Geography*, 20, 443-461.
- MITCHELL, G. F. (1942): A Composite Pollen Diagram from Co. Meath, Ireland. *New Phytologist*, 41, 257-261.
- PARKES, M., SHEEHAN-CLARKE, A. (2005): *The Geological Heritage of Kildare*, Final report. Geological Survey of Ireland, Dublin.
- PASSMORE, D. G., MACKLIN, M. G. (2000): Late Holocene channel and floodplain development in a wandering gravel-bed river: the river South Tyne at Lambley, northern England. *Earth Surface Processes and Landforms*, 25, 1237-1256.
- STOUT, G., HOLLOWAY, D. H. (1991): Embanked enclosures of the Boyne region. *Proceedings of the Royal Irish Academy. Section C: Archaeology, Celtic Studies, History, Linguistics, Literature*, 245-285.
- STOUT, G. (2002): *Newgrange and the Bend of Boyne*. Cork University Press, Cork.
- SYNGE, F. (1979): *Field handbook: Annual field meeting*. Irish Quaternary Association, Dublin, 12-13.
- WESTAWAY, R. (2009): Quaternary uplift of northern England. *Global and Planetary Change* 68, 357-382.
- WESTAWAY, R. (2010): Cenozoic uplift of southwest England. *Journal of Quaternary Science*, 25, 419-432.
- WILSON, P., LORD, T. (2014): Towards a robust deglacial chronology for the northwest England sector of the last British-Irish Ice Sheet. *North West Geography*, 14, 1-11.
- YORKE, L. (2008): *Late Quaternary valley fill sediments in the River Tyne valley: understanding Late Devensian glaciation and early postglacial response in northern England*. PhD thesis. University of Hull, Hull.
- ZHANG, P., MOLNAR, P., DOWNS, W. R. (2001): Increased sedimentation rates and grain sizes 2-4 Myr ago due to the influence of climate change on erosion rates. *Nature*, 410, 891-897.