

DANIEL NÝVL

KONTINENTÁLNÍ ZALEDNĚNÍ SEVERNÍCH ČECH

D. Nývl: Continental Glaciation in Northern Bohemia. – Geografie – Sborník ČGS, 103, 4, pp. 445 – 457 (1998). – Part of Northern Bohemia was covered on several occasions by a continental ice sheet during the Pleistocene. This article provides a review of important studies on the glacial history of northern Bohemia and indicates the present state of knowledge of the extent and stratigraphy of glacial sediments. The relationship of glacial and other Pleistocene sediments, mainly the terrace system of the Ploučnice River (the basin of which was directly affected by the continental ice sheet) is also discussed. Finally, the author refers to some problems to be solved.

KEY WORDS: continental glaciation – paleogeography of the Pleistocene – Northern Bohemia.

1. Úvod

V chladných klimatických výkyvech pleistocénu se převážná část území českých zemí nacházela v periglaciální zóně. Tato nezaledněná oblast mezi kontinentálním ledovcem na severu a alpskými ledovci na jihu představovala výrazný koridor mezi východem a západem. Kontinentální ledovec zasáhl na území České republiky na severní Moravu, do Slezska a do severních Čech. V severočeské oblasti nejsou tak výrazné reliktové zalednění jako na severní Moravě a ve Slezsku. I tato oblast však přináší dobrou možnost korelace ledovcových sedimentů s ostatními typy pleistocenních uloženin, a to jak na území Čech, tak díky terasovému systému Labe i v Německu (Šibrava 1967, 1972). Vhodným spojovacím článkem je terasový systém Ploučnice, do jejíhož povodí pevninský ledovec zasáhl.

Studovaná oblast se geomorfologicky člení na několik celků (Demek a kol. 1987): Frýdlantskou pahorkatinu, Žitavskou pánev, Ralskou pahorkatinu, Šluknovskou pahorkatinu a Děčínskou vrchovinu. Tyto geomorfologické jednotky jsou od sebe odděleny horskými hřbety Lužických hor, Jizerských hor a Ještědsko-kozákovským hřbetem. Komunikaci ledovcových mas přes tyto hřbety umožňovala pouze některá sedla: Jítravské – 424 m, Horní – 459 m a Oldřichovské – 478 m.

Hodnocení glacienních reliktů v této oblasti provedl v rámci stratigrafických korelací pleistocénu Evropy V. Šibrava (1972, 1986). Revizní výzkumy z osmdesátých let (Králík 1989) přinesly na rozdíl od dřívějších prací odlišné názory. Ty však nové studie z oblasti labského terasového systému nejen nepotvrzují, ale jsou s nimi často v rozporu (Wolf, Schubert 1992, Balatka, Kalvoda 1995, Eissmann 1995, 1997).

2. Historie výzkumů kontinentálního zalednění v severních Čechách

Historický souhrn studií zabývajících se pleistocenním kontinentálním zaledněním naší republiky podali V. Šibrava (1962), nověji D. Nývlt (1997). Proto zde budou uvedeny pouze významnější práce a pro podrobnější bibliografický přehled odkazují na výše citované studie.

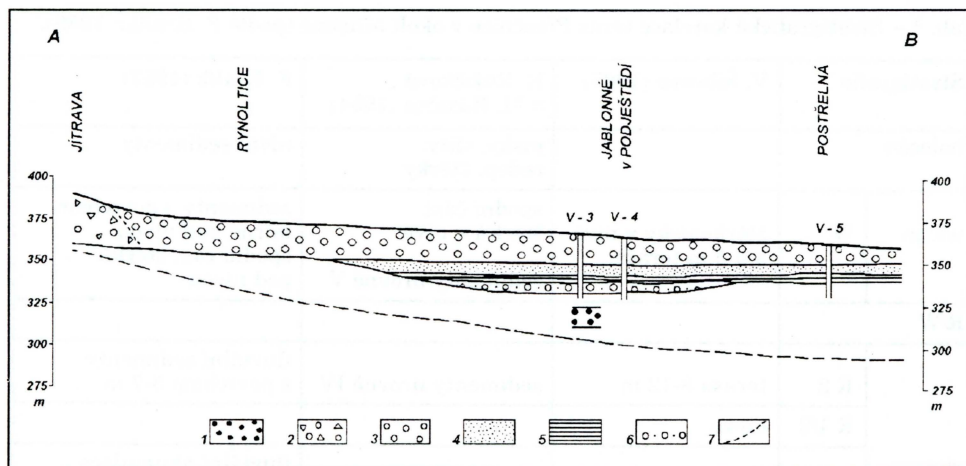
Nejstarší období výzkumů je značně ovlivněno Lyellovou driftovou teorií. Práce jsou především popisné, autoři však již rozlišují severský a místní materiál (Jokély 1859, Credner 1875). H. Credner (1876) stanovil v oblasti Sudet horní hranici výskytu nordického materiálu na výšku přibližně 400 m. I přes nesprávný výklad geneze zkoumaných sedimentů se tato pozorování stala základem pro další výzkumy.

Od osmdesátých let minulého století většina autorů přijímá názor o kontinentálním zalednění Evropy. Již E. Danzig (1886) uvedl, že pevninský ledovec překročil nejen Jítravské sedlo a zanechal mocnou akumulaci u Jítravy, ale pravděpodobně postoupil přes val Lužických hor i jinde. Tyto názory opírá o nálezy nordického materiálu v různých výškách Lužických hor (až 530 m). J. E. Hibsche (1896) zjistil severský materiál v Děčíně u nemocnice na lokalitě „Foksche Höhe“. Podle něho se tento nordický materiál vyskytuje ve štěrcích vysoké terasy pouze v okolí Děčína, proto uvažuje že sedimenty pocházejí ze severovýchodu, nejspíš z pramenné oblasti Panenského potoka. J. Blumrich (1925) zjistil bazální morénu s četnými křemitými a bazaltovými souvkami v okolí Raspenavy. G. Berg (1928) jako první vyslovil domněnku o deformacích podkladu ledovcového čela (provrásnění sloje u Hrádku nad Nisou).

R. Grahmann (1933, 1934) stratigraficky zařadil ledovcové relikty do Soergelova (1925) polyglacialistického systému kontinentálního zalednění Evropy. Udává (1933), že ledovec dosáhl Sudet dvakrát, a to v druhém elsterském stadiu a v sálském glaciálu. Poukázal na to, že od Děčína obsahují labské terasy severské valouny, které pocházejí až z jítravských sandrů u Jablonného v Podještědí. V práci zabývající se kvartérem Saska R. Grahmann (1934) uvádí, že největší rozsah mělo zalednění elsterské, ledovec překročil Jítravské sedlo a odtud byly glacifluviální štěrky přeneseny Ploučnicí až do Labe.

V padesátých a šedesátých letech bylo publikováno velké množství prací zabývajících se kontinentálním zaledněním této oblasti. Některé výzkumy z padesátých let popírají přítomnost ledovce na našem území (Lochmann 1958, Morch 1958, Macák 1958). Tyto studie byly patrně ovlivněny názory P. Woldstedta (1955), který v této oblasti klade čelo ledovce pouze ke Görlitzu, tedy severně od našeho území. Koncem padesátých let se však již objevily práce, jejichž autoři uvažují přímý zásah kontinentálního ledovce na území severních Čech (mj. Václ. Čadek 1959, Sekyra 1961, Šibrava, Václ. 1962, Kunský 1966, Šibrava 1967). Později se výzkumy kontinentálního zalednění přesunuly především na severní Moravu a do Slezska (mj. Macoun, Šibrava, Tyráček, Kneblová-Vodičková 1965, Macoun 1980, 1985, 1989). Teprve v polovině 80. let byly v severních Čechách provedeny revizní výzkumy, které přinesly velké množství podkladů vedoucích k novým závěrům (Králík 1989).

V. Šibrava (1967) podal důkazy pro dvojí elsterské zalednění v oblasti severně od Lužických hor a Ještědského hřbetu, a to na základě glacifluviálních a glacilakustrinních uloženin a dvou poloh souvkových hlín bazální morény. Spodní souvrství jsou deformována glacitektonickými účinky mladšího zalednění. Stratigraficky zařadil tyto bazální morény v pískovnách na Pískovém vrchu a v Grabštejně do doby mladšího elsterského zalednění. Tato bazální



Obr. 1 – Podélný profil pleistocenními sedimenty mezi Jítravou a Postřelnou, profil A – B (podle V. Šibravy 1967). 1 – úroveň písků a štěrku risské terasy; 2 – morénové sedimenty u Jítravy; 3 – glaci-fluviální sedimenty druhého elsterského náporu přecházející do fluviálních akumulací; 4 – glaci-lakustrinní písky prvního elsterského postupu; 5 – glaci-lakustrinní jílovité písky, jíly a páskované jíly prvního elsterského postupu; 6 – glaci-fluviální písky a štěrky prvního elsterského postupu; 7 – současný podélný profil Panenského potoka.

moréna rozčleňuje významnou glaci-fluviální akumulaci do dvou komplexů. Svrchní poloha glaci-fluviálních uloženin, navazující na morénové sedimenty u Jítravy, přechází směrem po proudu ve svrchní akumulaci zdvojené bohatické terasy řeky Ploučnice (viz obr. 1).

Do elsterského zalednění zařadil V. Šibrava (1967) také glaci-fluviální a glaci-lakustrinní uloženiny u Jablonného v Podještědí, spodní vrstvu do prvního náporu a svrchní vrstvu spolu se sedimenty svrchní akumulace bohatické terasy do doby druhého náporu (viz tab. 1). Ve stejné práci popsal významný stratigrafický sled pleistocenních sedimentů v Děčíně na lokalitě u nemocnice (Foksche Höhe). Souhlasí s R. Grahmannem (1933) v otázce místa vzniku těchto přemístěných převážně glaciálních sedimentů, tedy v horním úseku toku Panenského potoka. I na této lokalitě jde o zdvojenou akumulaci, přičemž obě části jsou odděleny zvětralým horizontem. Stratigraficky je V. Šibrava zařadil do prvního a druhého elsterského stadiálu.

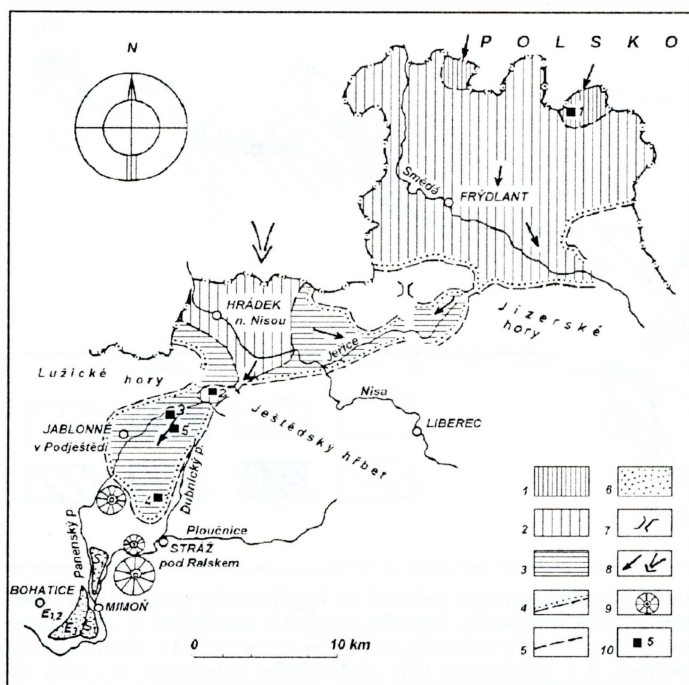
E. Růžicková, M. Růžicka (1984) podrobně zpracovali terasový systém Ploučnice v okolí Mimoně. V mimoňské terase (Šibrava 1967) odlišili na základě zrnitostních a petrografických analýz dvě akumulace. Spodní je charakteristická převahou písčité frakce a vyšším obsahem severského materiálu, ve svrchní akumulaci převažuje štěrková frakce a dominují horniny ještědského krystalinika. U terasy III. úrovně doložili také zdvojený vývoj, ve spodní úrovni opět převažuje písčité materiálu, a ve svrchní akumulaci štěrky s vyšším podílem ještědských hornin. Vyšší obsah hornin ještědského krystalinika ve svrchních akumulacích teras dokládá dominantní uplatnění Ploučnice. Ve spodní úrovni ukazuje vysoký obsah nordického materiálu na silný přínos z povodí Panenského potoka. Ostatní terasy již nevykazují zdvojení (srv. tab. 1). Jako vysvětlení spodních jemnozrnnějších akumulací E. Růžicková, M. Růžicka (1984) uvádějí mírnější klima při sedimentaci, kdy nedocházelo k tak intenzivnímu zvětrávání.

Tab. 1 – Stratigrafická korelace teras Ploučnice v okolí Mimoně (podle F. Králíka 1989).

Stratigrafie		V. Šibrava (1967)	E. Růžicková a M. Růžicka (1984)	F. Králík (1987)
holocén			písky, silty, redep. šterky	nivní sedimenty
würm	W	šterkopísky v nivě a 3-5 m terasa	spodní část šterků v nivě sedimenty úrovně V	sedimenty s povrchem mírně nad nivou spodní část šterků pod nivou
R/W				
riss	R 2	terasa 8-12 m	sedimenty úrovně IV	fluviální sedimenty s povrchem 3-7 m
	R 1/2	eroze		
	R 1	svrchní akumulace 18 m terasy	sedimenty svrchní akumulace úrovně III	fluviální akumulace <i>terasa pertoltická</i> glacifluviální akumulace
M/R		spodní akumulace 18 m terasy	sedimenty spodní akumulace úrovně III	
mindel	M 2	mimoňská terasa (25-30 m) eroze svrchní akumulace bohatické terasy	sedimenty úrovně II svrchní akumulace úrovně I	fluviální akumulace <i>terasa mimoňská</i> glacifluviální akumulace
	M 1/2			
	M 1	spodní akumulace bohatické terasy	spodní akumulace úrovně I	svrchní glacifluviální akumulace <i>terasa bohatická</i> spodní glacifluviální akumulace

Revizní výzkum studovaného území prováděl v letech 1984 – 1986 F. Králík, a to v rámci celkového geologického zhodnocení oblasti krkonošsko-jizerského krystalinika. Výsledky shrnuje především ve své souborné práci (Králík 1989), která se svým pojetím a především svými závěry výrazně liší od prací publikovaných v letech padesátých a šedesátých. Pojednává o čtyřnásobném zásahu ledovce na naše území, a to v obou stádiích jak elsterského, tak i sálského zalednění. Na rozdíl od starších autorů uvažuje též trojí překročení hřebenu Lužických hor a Ještědského hřebetu, a to v obou elsterských a ve stádiu Saale 1 (obr. 2, 3).

Za nejvhodnější oblast pro výzkumy reliktního prvního elsterského zalednění považuje F. Králík (1989) Podještědí. Přisuzuje mu zde akumulaci č. I a podle její stavby vymezil dvě oscilace ledovce – I. A a I. B (viz obr. 4). V nezaledněné oblasti jim odpovídá i zdvojená stavba bohatické terasy u Mimoně (srv. tab. 1). Maximální zásah ledovce klade až k linii Postřelná – Dubnice. Na sever od horského valu Lužických hor a Ještědského hřebetu však byla většina sedimentů tohoto období přemodelována pozdějšími zásahy ledovců nebo podlehlá denudaci. V Hrádecké pánvi našel relikty těchto sedimentů v pískovně u Grabštejna. Ve Frýdlantském výběžku F. Králík (1989) nenalezl žádné glacienní akumulace, diskutuje však vznik subglaciálního koryta u Černous,



Obr. 2 – Kontinentální zalednění severních Čech (podle J. Macouna, F. Králíka 1995). 1 – maximální rozsah mladšího sálského zalednění; 2 – maximální rozsah staršího sálského zalednění; 3 – maximální rozsah elsterského zalednění; 4 – hranice maximálního rozsahu ledovce; 5 – hranice maximálního rozsahu ledovce v jednotlivých zaledněních; 6 – terasové akumulace Ploučnice v okolí Mimoně (S1 – sedimenty staršího sálského zalednění; E3 – sedimenty mladšího elsterského zalednění; E1, 2 – sedimenty staršího elsterského zalednění); 7 – významnější sedla; 8 – převládající směr postupu ledovce; 9 – morfologicky nápadné vrchy; 10 – typové lokality (1 – Horní Rásnice; 2 – Jitřava; 3 – Lvová; 4 – Dubnice; 5 – Valdov).

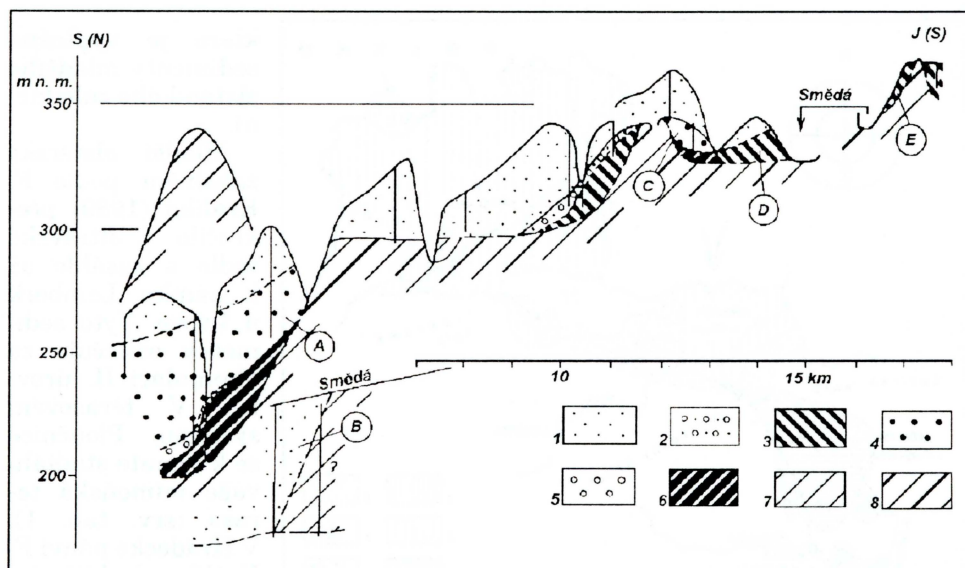
lem Jizerské hory a zasáhl tak do povodí Jeřice, kde byla autorem popsána glaci-fluviální akumulace tohoto stáří.

U staršího sálského zalednění uvažuje F. Králík (1989) pouze slabý zásah ledovce přes Jitřavské sedlo, jehož důsledkem je moréna (blíže nespecifikováno) a sandrové akumulace u Jitřavy (viz obr. 2). Glaci-fluviální sedimenty spodního sálského stadiálu se vyskytují i ve spodním komplexu pertoltické terasy. V Hrádecké pánvi se zalednění uplatnilo jak glacitektonikou, tak akumulací bazálních tillů či sandrových sedimentů. Ve Frýdlantském výběžku připisuje zásahu staršího sálského ledovce množství kamových a sandrových akumulací i četné relikty bazální morény. Uvažuje též o opětovném průniku ledovce přes Oldřichovské sedlo do povodí Jeřice a nakupení akumulace u Oldřichova v Hájích.

Mladší sálské zalednění se území České republiky dotklo plošně pouze nepatrně (viz obr. 2), zato však minimálně ve třech fázích (Králík 1989). Zasáhlo jen malý výběžek na SV Frýdlantského výběžku v okolí Rásnice. Ledovci tohoto stáří přičítá i glacitektonické poruchy bazální morény elsterského stáří z lokality Háj u Habartic.

kteří je vyplněno sedimenty mladšího elsterského zalednění.

Mladší elsterské zalednění podle F. Králíka (1989) překročilo Jitřavské sedlo a zasáhlo až k zámku Lemberk u Lvové. Tyto sedimenty označuje za akumulaci II. úrovně. V terasovém systému Ploučnice se k tomuto stadiálu váže mimoňská terasa (srv. tab. 1). V Hrádecké pánvi F. Králík našel již více lokalit s mladoelsterskými sedimenty. Jedná se především o bazální morénu a glaci-fluviální akumulaci u Václavice, ve Frýdlantském výběžku jsou potom velmi časté výplně subglaciálních koryt (např. Černousy, Habartice, viz též obr. 3). Ledovec také podle F. Králíka překročil Oldřichovským sed-

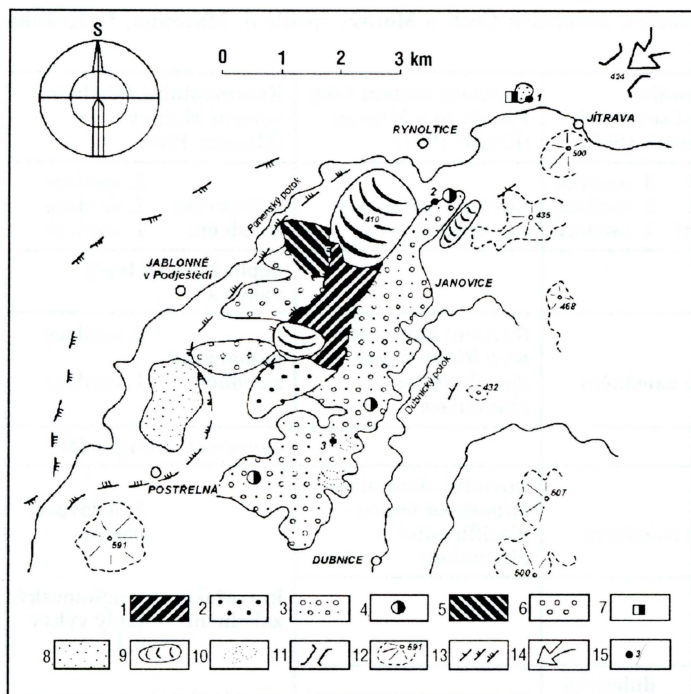


Obr. 3 – Ledovcové sedimenty ve směru postupu ledovců ve Frýdlantské pahorkatině (podle F. Králíka 1989). 1 – glacifluviální sedimenty staršího sálského zalednění; 2 – rozplavené tily staršího sálského zalednění; 3 – tily staršího sálského zalednění; 4 – glacifluviální sedimenty elsterského zalednění; 5 – rozplavené tily elsterského zalednění; 6 – tily elsterského zalednění; 7 – neogenní sedimenty; 8 – skalní podklad (krystalinikum a neovulkanity); A – subglaciální koryto u Černous; B – subglaciální koryto v údolí Smědá; C – glaucitektonicky porušené sedimenty elsterského zalednění s. od Raspenavy; D – tily u Raspenavy; E – tily u Lužce.

Z německých autorů se v rámci studia pleistocenního vývoje Saska okrajově zmiňuje o území České republiky L. Eissmann (1975, 1995, 1997). V oblasti údolí Labe postoupil podle něho elsterský ledovec minimálně k Bad Schandau, snad i dále až na naše území. Doklady o existenci jezera v údolí Labe, které by jeho zahrazení ledovcem muselo vzniknout, však zatím nejsou k dispozici. Dále se zmiňuje o překročení ledovce elsterského stáří přes Jítravské sedlo a o koncové moréně a sandrových akumulacích v předpolí této morény. L. Wolf, G. Schubert (1992) uvažují zásah prvního elsterského ledovce do nejnižších částí Šluknovského výběžku, především do oblasti Varnsdorfu, Rumburku a Jiříkova. V labském údolí uvažují pouze minimální zásah ledovce na území České republiky v době prvního elsterského stadiálu. Podle německých autorů již sálský ledovec nemohl přestoupit přes Jítravské sedlo, jeho maximální dosah uvažují pouze ke Görlitzu (např. Eissmann 1975, 1997).

3. Regionální přehled současného stavu znalostí o kontinentálním zalednění severních Čech

Výzkumy reliktních sedimentů pevninského zalednění severních Čech dosud nepřinesly uspokojivé odpovědi na některé otázky paleogeografické historie tohoto území v pleistocénu. Jedná se zejména o otázky maximálního dosahu ledovce směrem na jih, stratigrafického řazení jednotlivých souvrství glaciálních sedi-



Obr. 4 – Ledovcové sedimenty a morfologické tvary v Podještědí (podle F. Králíka 1989). 1 – ledovcové sedimenty (tilly?) staršího elsterského zalednění (úroveň I. A); 2 – glacifluviální sedimenty (sandry) staršího elsterského zalednění (úroveň I. B); 3 – glacifluviální sedimenty staršího elsterského zalednění (úroveň II.); 4 – rozplavené tilly staršího elsterského zalednění (úroveň II.); 5 – ledovcové sedimenty (tilly) mladšího elsterského zalednění (úroveň III.); 6 – glacifluviální sedimenty (sandry) mladšího elsterského zalednění (úroveň III.); 7 – rozplavené tilly staršího sálského zalednění (úroveň III.); 8 – glacifluviální a glacilakustrinní (?) sedimenty staršího sálského zalednění (úroveň III.); 9 – oblíky; 10 – oblíky pod glacifluviálními sedimenty; 11 – Jitřavské sedlo (424 m); 12 – reliéf nad izohypsou 400 m; 13 – předpokládaný sedimentační prostor v jednotlivých etapách zalednění; 14 – směr postupu ledovce z Hrádecké pánve; 15 – významné lokality (1 – Jitřava, 2 – Rynoltice, 3 – Dubnice).

3.1 Frýdlantská pahorkatina

Předválečné práce z této oblasti neumožňují přesnější paleogeografické závěry. Geomorfologické výzkumy v 50. letech (Lochmann 1958, Morch 1958) přinesly dostatek informací, avšak nepotvrdily zásah ledovce na území Čech. Podrobnější údaje z této oblasti přináší až F. Králík (1989). Frýdlantská pahorkatina byla nepochybně zasažena ledovcem jak v elsterském, tak i v sálském glaciálu (Macoun, Králík 1995).

Glacenní sedimenty popsané F. Králíkem (1989) se vyskytují především podél severního svahu Jizerských hor a také poblíž polské hranice (viz obr. 3). Většinu bazálních tillů stratigraficky zařadil do Saale 1, pouze rozplavené

mentů a o rozlišení jednotlivých klimatických výkyvů globálního a regionálního rozsahu. Nedostatečně jsou v této oblasti zastoupeny sedimenty z teplých klimatických výkyvů či fosilní půdy obsahující vhodný paleontologický a palynologický materiál umožňující přesné stratigrafické zařazení sedimentů.

Také maximální rozsah zalednění, a to především v Podještědí, je v literatuře často diskutován (Šibrava 1967, Králík 1989, Macoun, Králík 1995, Balatka 1996a, aj.). V. Šibrava (1967) a L. Eissmann (1975, 1995) uvažují maximální zásah ledovce pouze k Jitřavě a Rynolticím. Naopak F. Králík (1989) popisuje glacenní sedimenty i z jižněji položených lokalit (Lvová, Valdov), maximální zásah ledovce v Elsteru 1 uvažuje až k linii Dubnice – Postřelna.

Tab. 2 – Stratigrafie pleistocénu severních Čech a Moravy (podle J. Macouna, F. Králíka 1995).

Stratigrafie severní Evropy		Kontinentální zalednění severních Čech (Králík 1990)	Terasový systém řeky Ploučnice v Mimoní (Králík 1987)	Kontinentální zalednění severní Moravy (Macoun 1985)
Saale	S 2	řasnický 3. oscilace komplex 2. oscilace zalednění 1. oscilace	fluviální sedimenty s povrchem 3-7 m	oldřišovské 3. oscilace zalednění 2. oscilace 1. oscilace
	S 1/2			neplachovický teplý výkyv s.l.
	S 1	jítravské zalednění	fluviální akumulace <i>pertoltická terasa</i> glacifluviální akumulace	palhanecké 2. oscilace zalednění 1. oscilace
Holstein				stonavský interglaciál
Elster	E 3	lvovácké zalednění	fluviální akumulace <i>mimoňská terasa</i> glacifluviální akumulace	2. ledovcový postup
	E 2/3			kravařské muglinovský zalednění teplý výkyv s. l.
	E 2	dubnické zalednění s. s.	svrchní glacifluviální akumulace	1. ledovcový postup
	E 1/2	dubnické zalednění s. l.	<i>bohatická terasa</i>	otický teplý výkyv s. l.
	E 1	valdovské zalednění	spodní glacifluviální akumulace	opavské 3. oscilace zalednění 2. oscilace 1. oscilace

tilly čelní morény u Horní Řasnice klade podle výsledků termoluminiscenční analýzy a podle podobnosti s oldřišovským komplexem na severní Moravě (Macoun 1985) do Saale 2. Bazální morény elsterského stáří nalezl pouze ojedinele, a to především v depresích preglaciálního reliéfu nebo v subglaciálních korytech (např. u Černous a Lázní Libverda).

Nejrozšířenější jsou zde sedimenty glacifluviální, které jsou kladeny buď do elsterského glaciálu (Lochmann 1958, Morch 1958) nebo do staršího Saale (Králík 1989, viz též obr. 3). Pro Elster uvažuje F. Králík (1989) podobný rozsah ledovce jako v Saale 1 s tím, že ledovcové akumulace elsterského stáří byly přemodelovány mladším zaledněním a zachovaly se pouze v reliктеch. V severních oblastech výběžku nalezl také glacifluviální akumulace mladosálského stáří (tab. 2). Časté jsou zde též glaci tektonické deformace podložního materiálu (Raspenava, Černousy, Horní Řasnice).

3.2 Hrádecká pánev

O tuto oblast se zajímali badatelé již na konci minulého století (Credner 1875, Danzig 1886), kteří zde našli písky a štěrky s obsahem severského materiálu. Novější podrobné kvartérně geologické výzkumy zalednění potvrdily (Šibrava 1967, Králík 1989). Zásah ledovce do Hrádecké pánve nepřímo

dokládají také některé německé výzkumy (Eissmann 1975, 1995, Wolf, Schubert 1992).

Také Hrádecká pánev byla zasažena ledovcem v obou glaciálech (Macon, Králík 1995). V. Šibrava (1967) a F. Králík (1989) přinesli důkazy – především z pískovny Grabštejn a z pískovny na Pískovém vrchu – pro dvojí elsterské zalednění této oblasti. Byly zde nalezeny reliktý bazálních tillů tvořené především světle šedými až rzivě okrovými jíly s hojnými valouny, které obvykle oddělují dvě vrstvy glacifluviálních sedimentů. Spodní polohu glacifluviálních sedimentů V. Šibrava (1967) zařadil k prvnímu elsterskému zalednění, bazální morénu a svrchní akumulaci potom ke stadiálu Elster 2. Novější výzkumy F. Králíka (1989) na základě termoluminiscenční analýzy vzorků však zařazují tento svrchní komplex ke staršímu sálskému zalednění.

3.3 Ralská pahorkatina

Již E. Danzig (1886) popsal morénovou akumulaci u Jítravy, čímž dokládal překročení ledovce přes Jítravské sedlo. To potvrdil i J. E. Hibsche (1896) nálezy severského materiálu v terasových stupních Labe, a to pouze od Děčína dále po toku; proto jejich původ klade do povodí Panenského potoka. K podobnému závěru dospěl i R. Grahmann (1933), který stáří sedimentů určil za elsterské.

V. Šibrava (1967) upřesnil stáří akumulace u Jítravy do svrchního elsterského stadiálu (viz obr. 1). V Podještědí popsal oba elsterské ledovcové postupy, jejichž sedimenty přecházejí do akumulací zdvojené bohatické terasy řeky Ploučnice (srv. tab. 1). Velké množství glacifluviálních sedimentů popisované F. Králíkem (1989) bylo pravděpodobně od čela ledovce transportováno tavnými vodami, a to i na větší vzdálenosti.

Naopak J. Sekyra (1961), J. Kinský (1966) připisují morénovou akumulaci u Jítravy sálskému zalednění. Do spodního sálského stadiálu zařadil tyto sedimenty také F. Králík (1989), glacifluviální sedimenty spodnosálského stáří se vyskytují i ve spodním komplexu pertoltické terasy (viz obr. 4). Pro svrchní elsterský stadiál položil maximální hranici ledovce ke Lvové, k tomuto chladnému výkyvu se pojí mimoňská terasa řeky Ploučnice. F. Králík (1989) uvažuje dva postupy ledovce ve spodním elsterském stadiálu v Ralské pahorkatině, maximálně ledovec zasáhl až k linii Postřelná – Dubnice. Dvojímu postupu ledovce v Elsteru 1 odpovídá i zdvojená stavba bohatické terasy řeky Ploučnice (srv. tab. 1, 2).

Překročení sálského ledovce přes Jítravské sedlo však odmítají jiní, především němečtí, autoři (Eissmann 1975, 1995, 1997, Wolf, Schubert 1992) a z českých autorů J. Kinský (1966) a B. Balatka (1996a, b).

3.4 Šluknovská pahorkatina

Ze Šluknovského výběžku bylo prozatím publikováno velmi málo prací zabývajících se zaledněním. J. E. Hibsche (1896) uvažuje zásah ledovce až k Varnsdorfu, maximálně však do výšky 475 m, podobné závěry přináší též R. Grahmann (1933), V. Šibrava (1967) a také L. Wolf, G. Schubert (1992), kteří glaciální sedimenty v okolí Varnsdorfu, Rumburku a Jiříkova připisují prvnímu postupu ledovce v Elsteru.

4. Závěry

Postup kontinentálního ledovce až do severních Čech ve středním pleistocénu lze pokládat za prokázaný. Elsterské zalednění dvěma postupy zasáhlo do Frýdlantského výběžku, Hrádecké pánve, Podještědí a pravděpodobně též do Šluknovského výběžku. Rozsah sálského zalednění byl v severních Čechách plošně menší. Ledovec ve spodním sálském stadiálu zasáhl Frýdlantskou pahorkatinu přibližně ve stejném rozsahu a Hrádeckou pánev méně než v předchozím elsterském zalednění. Mladší sálský ledovec zasáhl pouze do nejnižších částí Frýdlantské pahorkatiny při hranicích s Polskem. Stratigrafie glaciálních sedimentů ve vztahu k zalednění na severní Moravě a ve Slezsku je uvedena v tabulce 2.

Z pohledu výzkumu severského zalednění je nejproblematictější situace v Podještědí. Podle dosavadních údajů ledovec zasáhl ve spodním elsterském stadiálu dále na jih než jen k Jítravě a Rynolticím. Zásah ledovce až k linii Dubnice – Postřelná lze považovat za velmi pravděpodobný, a to díky přítomnosti typických glacigenních sedimentů. Ledovec se zde však zastavil pouze na poměrně krátkou dobu a poté ustoupil zpět několik km na sever. Čelo ledovce zde pravděpodobně značně oscilovalo a ledovec byl citlivější i na poměrně malé výkyvy teplot, což bylo způsobeno především podstatně menší mocností ledovce. Při krátkých postupech mohl ledovec zanechat pouze nepatrné známky své erozní či akumulární činnosti, které již byly značně přeměněny od doby svého vzniku (Nývlt 1997). Z tohoto důvodu lze předpokládat, že přesné určení maximálního zásahu ledovce bude velice obtížné.

Kontinentální ledovec během Elsteru 1 zasáhl pravděpodobně i do Šluknovského výběžku (Hibsch 1896, Šibrava 1967, Wolf, Schubert 1992). Zde ledovec zasáhl do okolí Rumburku, Varnsdorfu a Jiříkova. L. Wolf, G. Schubert (1992) uvažují nepatrný zásah elsterského ledovce na území České republiky v oblasti labského údolí. Ten však nelze považovat za prokázaný, především díky absenci dokladů o existenci jezera, které by přehrazením údolí muselo vzniknout. Naopak podle B. Balatky, J. Kalvody (1995) by tento zásah odpovídal Saale 1 (Drenthe). Tento nesoulad lze pravděpodobně přičíst rozdílné korelaci ledovcových sedimentů a terasového systému Labe v Německu a u nás.

Ve stadiálu Elster 2 je překročení ledovce přes Jítravské sedlo a jeho zásah až do okolí Jítravy a Rynoltic (Šibrava 1967, Eissmann 1975) prokázáno. Postup ledovce dále na jih – k zámku Lemberk u Lvové – však také nelze vyloučit (Macoun, Králík 1995; viz tab. 2). Stáří morénové akumulace u Jítravy je považováno za svrchnoelsterské (Šibrava 1967, Eissmann 1975) nebo spodnosálské (Sekyra 1961, Králík 1989). Nové závěry z Německa a z terasového systému Labe (Wolf, Schubert 1992, Eissmann 1995, Balatka 1996a, b) však nepotvrzují zásah sálského ledovce do Podještědí. Morfostratigrafická studia tedy prozatím nevedla k jednoznačným závěrům, proto bude pravděpodobně nutné ke stratigrafickému zařazení ledovcových sedimentů použití vybrané chronometrické metody datování.

Kontinentální ledovec ve svrchním Elsteru (podobně jako ve spodním Elsteru) zasáhl též do Hrádecké pánve a Frýdlantské pahorkatiny (Králík 1989). Zásah ledovce přes Oldřichovské sedlo do povodí Jeřice popisovaný F. Králíkem (1989) lze považovat za pravděpodobný, především díky přítomnosti glacifluviálních písků v údolí pod vlastním sedlem. A to i přes vysokou nadmořskou výšku Oldřichovského sedla (478 m) i přes nedostatek reliktů erozní činnosti ledovce v okolí sedla.

V průběhu staršího sálského zalednění ledovec pokryl prakticky celý Frýdlantský výběžek až k úpatí Jizerských hor. V Hrádecké pánvi je patrný zásah starosálského ledovce, avšak plošně menší než v Elsteru (Macoun, Králík 1995, viz obr. 2). Mladosálský ledovec dosáhl pouze nejsevernější části Frýdlantského výběžku, a to okolí Horní Řasnice a Černous (Králík 1989).

Literatura:

- BALATKA, B. (1996a): Nové poznatky o starších etapách vývoje údolí Labe v Sasku. *Geografie – Sborník ČGS*, 101, č. 3, ČGS, Praha, s. 247-250.
- BALATKA, B. (1996b): Recenze Leopold Benda (ed.): *Das Quartär Deutschlands*. *Věstník ČGÚ*, 71, č. 3, Praha, s. 244.
- BALATKA, B., KALVODA, J. (1995): Vývoj údolí Labe v Děčínské vrchovině. *Sborník ČGS*, 100, č. 3, ČGS, Praha, s. 173-192.
- BERG, G. (1928): Einige grundsätzliche Bemerkungen zu den Erscheinungen der nordischen Vereisung am Sudetenrande. *Z. Dtsch. geol. Gesell.*, 80, Berlin, s. 215-224.
- BLUMRICH, J. (1925): Die Eiszeit im Bezirk Friedlant. *Mitt. Ver. Heimatkde Jeschken- und Isergebirges*, 19, Liberec, s. 103-110.
- CREDNER, H. (1875): Über nordisches Diluvium in Böhmen. *Sitzungsber. der Naturforsch. Gesell.*, 6, Leipzig, s. 55-58.
- CREDNER, H. (1876): Die Küstenfacies des Diluviums in der sächsischen Lausitz. *Z. Dtsch. geol. Gesell.*, 28, Berlin, s. 133-158.
- DANZIG, E. (1886): Bemerkungen über das Diluvium innerhalb des Zittauer Quadergebirges. *Gesell. Isis, Abh.* 4, Dresden, s. 30-32.
- DEMEK, J. (ed.) a kol. (1987): *Zeměpisný lexikon ČSR – Hory a nížiny*. Praha, 584 s.
- EISSMANN, L. (1975): Das Quartär der Leipziger Tieflandsbucht und angrenzender Gebiete um Saale und Elbe. *Schriftenr. geol. Wiss.*, Berlin, 263 s.
- EISSMANN, L. (1995): VIII. Sachsen. In: Benda, L. a kol.: *Das Quartär Deutschlands*. Gebrüder Bornträger, Berlin, Stuttgart, s. 171-198.
- EISSMANN, L. (1997): Das quartäre Eiszeitalter in Sachsen und Nordostthüringen. *Altenbg. nat. wiss. Forschungen*, 8, Altenburg, 98 s.
- GRAHMANN, R. (1933): Die Geschichte des Elbetales von Leitmeritz bis zu seinem Eintritt in das norddeutsche Flachland. *Mitt. Ver. Erdkde, N. F.*, Dresden, s. 132-194.
- GRAHMANN, R. (1934): Grundriß der Quartärgeologie Sachsens, Grundriß der Vorgeschichte Sachsens. Leipzig, 60 s.
- HIBSCH, J. (1896): Erläuterungen zur Geologischen Karte des Böhmisches Mittelgebirges, Blatt 1 (Tetschen). Wien, 90 s.
- JOKELY, J. (1859): Kreide-, Tertiär- und Diluvialablagerungen in Leitmeritz und Bunzlau. *Verhand. geol. Reichsanstalt in Wien*, 10, č. 9, Wien, s. 60-64.
- KRÁLÍK, F. (1989): Nové poznatky o kontinentálních zaledněních severních Čech. *Sborník geol. věd, Antropozoikum*, 19, Praha, s. 9-74.
- KUNSKÝ, J. (1966): Terasový systém labský a jeho vztah ke čtvrtohornímu zalednění kontinentálnímu a horskému. *Acta Univ. Carol., Geogr.*, 1, č. 1-2, Praha, s. 21-22.
- LOCHMANN, Z. (1958): Geomorfologie sz. části Frýdlantského výběžku. *Sborník ČSSZ*, 63, Academia, Praha, s. 111-128.
- MACÁK, F. (1958): Geologické poměry území mezi Hrádkem nad Nisou, Vítkovem a Svárovem u Liberce. *MS Geofond*, Praha, 112 s.
- MACOUN, J. (1980): Paleogeografický a stratigrafický vývoj Opavské pahorkatiny v pleistocénu. *Čas. Slez. Muz., Sér. A*, 29, Opava, s. 113-132 a 193-222.
- MACOUN, J. (1985): Stratigrafie středního pleistocénu Moravy ve vztahu k evropskému kvartéru. *Čas. Slez. Muz., Sér. A*, 34, Opava, s. 125-143 a 219-237.
- MACOUN, J. (1989): Kontinentalvereisungen in der Mährischen Pforte. *Sbor. geol. věd, Antropozoikum*, 19, Praha, s. 75-104.
- MACOUN, J., KRÁLÍK, F. (1995): Glacial history of the Czech Republik. In: Ehlers, J., Kozarski, S., Gibbard, P. a kol.: *Glacial deposits in North – East Europe*. Rotterdam, Brookfield, 389-405.
- MACOUN, J., ŠIBRAVA, V., TYRÁČEK, J., KNEBLOVÁ-VODIČKOVÁ, V. (1965): *Kvartér Ostravska a Moravské brány*. Praha, 420 s.

- MORCH, V. (1958): Geomorfologie střední části Frýdlantského výběžku. Sborník ČSSZ, 63, Academia, Praha, s. 309-322.
- NYVLT, D. (1997): Kontinentální zalednění severních Čech. Bakalářská práce. Přírodovědecká fakulta UK, Praha, 36 s.
- RŮŽIČKOVÁ, E., RŮŽIČKA, M. (1984): Terasy Ploučnice v okolí Mimoně a jejich vztah k sedimentům zalednění. MS Archiv ÚÚG, Praha.
- SEKYRA, J. (1961): Traces of the Continental Glacier on the territory of Northern Bohemia (in the Piedmont of West – Sudetic Mountains). Zesz. nauk. Uniw. Wrocławskiego, Ser. B, 8, Wrocław, s. 71-79.
- SOERHEL, W. (1925): Die Gliederung und absolute Zeitrechnung des Eiszeitalters. Fortschr. Geol. Pal., 4, č. 13, Berlin, s. 125-251.
- ŠIBRAVA, V. (1962): Vývoj výzkumů sedimentů kontinentálního zalednění na území ČSSR. MS Archiv ÚÚG, 199 s., Praha.
- ŠIBRAVA, V. (1967): Study on the Pleistocene of the glaciated and non – glaciated area of the Bohemian Massif. Sbor. geol. Věd, Antropozoikum, 4, Praha, s. 7-38.
- ŠIBRAVA, V. (1972): Zur Stellung der Tschechoslowakei im Korrelierungssystem des Pleistozäns in Europa. Sbor. geol. Věd, Antropozoikum, 8, Praha, 220 s.
- ŠIBRAVA, V. (1986): Scandinavian Glaciations in the Bohemian Massif and Carpathian Foredeep and their Relationship to the Extraglacial Areas. In: Šibrava, V., Bowen, D. Q., Richmond, G. M. a kol.: Quaternary Glaciations in the Northern Hemisphere. IGCP Project 24, Quater. Science Rev., 5, Oxford, New York, Toronto, Sydney, Frankfurt, s. 381-386.
- ŠIBRAVA, V., VÁCL, J. (1962): Nové důkazy kontinentálního zalednění severních Čech. Anthropozoikum, 11, Praha, s. 85-89.
- VÁCL, J., ČADEK, J. (1959): Závěrečná zpráva úkolu „Základní geologický výzkum hrádecké části Žitavské pánve“. MS Archiv ÚÚG, Praha, 125 s., 99 p.
- WOLDSTEDT, P. (1955): Norddeutschland und angrenzende Gebiete im Eiszeitalter. Eiszeitalter und Gegenwart, N. F., 2, Stuttgart, s. 254-255.
- WOLF, L., SCHUBERT, G. (1992): Die spätertertiären bis elstereiszeitlichen Terrassen der Elbe und ihrer Nebenflüsse und die Gliederung der Elster – Kaltzeit in Sachsen. Geo-profil, 4, Freiberg, s. 1-43.

Summary

CONTINENTAL GLACIATION IN NORTHERN BOHEMIA

Continental ice sheets affected Northern Moravia, Silesia, and Northern Bohemia. The glacial sediments in Northern Bohemia can be compared with other types of Pleistocene deposits in Bohemia and Germany. This is particularly true in the Ploučnice River Basin, where the relationship between the glacial sediments and the terrace sequence has been established.

The area around Frýdlant, the Hrádek Basin, the Podještědí area, and probably also surroundings of Šluknov were affected by two advances of ice in the Elsterian period. The Saalian glaciation was less extensive in Northern Bohemia than the Elsterian glaciation. The extent of Early Saalian ice was about equal to that of the Elsterian period in the Frýdlant area, but was smaller in the Hrádek Basin. The Late Saalian ice sheet reached only the lowest parts of the Frýdlant area close to the contemporary Polish border.

The first evidence of ice having got over the Jítrava Saddle and having entered the Ploučnice River Basin was published in the end of the 19th century. Erratic material of Scandinavian origin was described near Jítrava, in the Lužické Mountains (Danzig 1886), and in Děčín (Hibsch 1896). The first detailed stratigraphy of the glacial sediments was compiled by R. Grahmann (1933, 1934). Most of the glacial sediments were dated to the Late Elsterian advance of continental ice. The more recent sediments were linked with the Saalian glaciation.

Some authors did not believe that the ice sheets reached Northern Bohemia (Lochmann 1958, Macák 1958, Morch 1958); other scientists, however, supported this theory (Václ, Čadek 1959, Sekyra 1961, Šibrava, Václ 1962). V. Šibrava (1967) brought evidence of two Elsterian glaciations in the Hrádek Basin. Correlation of the glacial sediments and the terrace system of the Ploučnice River was made by V. Šibrava (1967) and E. Růžičková, M. Růžička (1984).

F. Králík (1989) suggests that there were four ice sheet advances into the Czech territory. He places the maximum extent of the Early Elsterian glacier at the Postřelná-Dubnice line, and the Late Elsterian one at Lemberk Castle near Lvová Hill. He also states that the Lužické Mountains and the Ještěd Range were crossed three times by the ice sheet in the Early and Late Elsterian and in the Early Saalian periods. Králík believes the washed-out moraine at Jítrava is linked to the Early Saalian glaciation. However, V. Šibrava (1967), L. Eissmann (1975, 1995, 1997), L. Wolf, G. Schubert (1992) and B. Balatka (1996a, b) link this moraine to the Late Elsterian glaciation. The Late Saalian glaciation only touched the Czech territory, having invaded the northeastern part of the Frýdlant area near Rásnice (Králík 1989).

The major problem to be solved is to determine the maximum extent of ice sheets, particularly in the Podještědí area. V. Šibrava (1967) and L. Eissmann (1975, 1995) place the maximum extent of ice sheets at Jítrava and Rynoltice. On the other hand, F. Králík (1989) describes glacial sediments from more southerly localities (Lvová, Valdov) and places the maximum ice extent at the Postřelná-Dubnice line in the Early Elsterian glaciation. Given by the type of glacial sediments preserved there it is a probable explanation. The ice sheet reached this line for only a short time and then retreated a few kilometres. In the author's opinion the glacier front must have fluctuated considerably in the Podještědí area especially as the ice body was quite thin.

Fig. 1 – The longitudinal profile through the Pleistocene sediments between Jítrava and Postřelná, profile A-B (after V. Šibrava 1967). 1 – level of sands and gravels of the Riss terrace; 2 – morainic sediments near Jítrava; 3 – glaciofluvial sediments of the Late Elsterian glaciation interstratified with fluvial deposits; 4 – glaciolacustrine sands of the Early Elsterian glaciation; 5 – glaciolacustrine clayey sands, clays and banded clays of the Early Elsterian glaciation; 6 – glaciofluvial sands and gravels of the Early Elsterian glaciation; 7 – present gradient of the Panenský Creek.

Fig. 2 – Continental glaciations in Northern Bohemia (after J. Macoun, F. Králík 1995). 1-3 maximum extent of glacial periods (1 – Late Saalian; 2 – Early Saalian; 3 – Elsterian); 4 – outermost glacial limit; 5 – separate glacial limits; 6 – glaciofluvial sediments in the Ploučnice River terrace system (S1 – sediments of the Early Saalian glaciation; E3 – sediments of the Late Elsterian glaciation; E1, 2 – sediments of the Early Elsterian glaciation); 7 – transfluence pass; 8 – general directions of ice advance; 9 – morphologically distinctive hills; 10 – type localities (1 – Horní Rásnice; 2 – Jítrava; 3 – Lvová; 4 – Dubnice; 5 – Valdov).

Fig. 3 – Glacial sediments in the direction of ice advance in the Frýdlant Upland (after F. Králík 1989). 1-3 Early Saalian glaciation (1 – glaciofluvial sediments; 2 – outwash tills; 3 – tills); 4-6 Elsterian glaciation (4 – glaciofluvial sediments; 5 – outwash tills; 6 – tills); 7 – Neogene sediments; 8 – bedrock (crystalline rocks and neo-volcanites); A – subglacial trough near Černousy; B – subglacial trough in the Smědá valley; C – glaciotectionally deformed sediments of the Elsterian glaciation north of Raspenava; D – tills at Raspenava; E – tills at Lužec.

Fig. 4 – Glacial sediments and morphological forms in the Podještědí area (after F. Králík 1989). 1-4 Early Elsterian glaciation (1 – glacial sediments (tills ?), I.A level; 2 – glaciofluvial sediments (sandar), I.A level; 3 – glaciofluvial sediments, I.B level; 4 – outwash tills, I.B level); 5-6 Late Elsterian glaciation (5 – glacial sediments (tills ?), II. level; 6 – glaciofluvial sediments (sandar), II. level); 7-8 Early Saalian glaciation (7 – outwash tills, III. level; 8 – glaciofluvial and glaciolacustrine (?) sediments, III. level); 9 – roches moutonnées; 10 – roches moutonnées covered by glaciofluvial sediments; 11 – The Jítrava Saddle (424 m); 12 – landforms above 400 m; 13 – supposed sedimentary areas in separate stages of the glaciations; 14 – direction of ice advance from the Hrádek Basin; 15 – significant localities (1 – Jítrava, 2 – Rynoltice, 3 – Dubnice).

(Pracoviště autora: autor je studentem 5. ročníku na katedře fyzické geografie a geookologie Přírodovědecké fakulty UK, Albertov 6, 128 43 Praha 2.)

Do redakce došlo 21. 5. 1998

Lektorovali Jan Kalvoda a Jaroslav Tyráček