

Sbor. geol. věd	Hydrogeologie, inž. geologie, 19	Str. 95--134	13 obr.	6 tab.	10 příl.	Praha 1991 ISSN 0036-5289
--------------------	-------------------------------------	-----------------	------------	-----------	-------------	------------------------------

## **Inženýrskogeologické poměry území mezi Prahou, Libčicemi nad Vltavou a Panenskými Břežany**

### **Engineering geological conditions of the territory between Prague, Libčice nad Vltavou, and Panenské Břežany**

Zdeněk Lochmann<sup>1</sup>

Předloženo 5. září 1988

*Engineering geology  
Landslides  
Erosion  
Solifluction  
Engineering properties  
Rocks  
Soils*

1 : 50 000  
12-24

Lochmann, Z. (1991): Inženýrskogeologické poměry území mezi Prahou, Libčicemi nad Vltavou a Panenskými Břežany. — Sbor. geol. Věd, Hydrogeol. inž. Geol., 19, 95—134. Praha.

**V ý t a h:** Předložená práce se zabývá inženýrskogeologickými poměry v s. části Pražské aglomerace. Studované území prodělalo v neogénu a kvartéru složitý geomorfologický vývoj, jehož hlavním výsledkem bylo vytvoření dnešního vltavského údolí. Tvary současného reliéfu ovlivňují pozitivně i negativně inženýrskogeologické podmínky pro výstavbu.

V práci jsou podrobně charakterizovány geodynamické jevy a jednotlivé litologické komplexy hornin a zemin, vyčleněné na základě obdobných geotechnických vlastností. Přehledně jsou zpracovány hydrogeologické poměry.

Účelem je podat souhrn zásadních inženýrskogeologických informací, které mají sloužit jako podklad pro projektování výstavby všeho druhu a pro řešení fyzikálně mechanické vlastností hornin předkvartérního podkladu

<sup>1</sup> *Stavební geologie, s. p., Gorkého nám. 7, 113 09 Praha 1*

#### Úvod

V rámci regionálního inženýrskogeologického výzkumu v oblasti Pražské aglomerace, jehož výsledkem bude soubor inženýrskogeologických map v měřítku 1 : 25 000, bylo provedeno inženýrskogeologické mapování území s. od Prahy. Jeho účelem je podat základní inženýrskogeologické informace pro zpracování územně plánovací dokumentace pro projektovanou výstavbu všeho druhu a poskytnout údaje potřebné k řešení problematiky tvorby a ochrany životního prostředí.

Studované území je na J vymezeno hranicí Horoměřice—Suchdol—Bohnice—Střížkov, na Z Horoměřice—Tursko—Debrno. Severní ohraničení probíhá od j. okolí Debrna přes Máslovice a Panenské Břežany na Bašf. Východní omezení vede od Baště přes Líbeznice a Březiněves na Ďáblice.

Výchozím podkladem pro inženýrskogeologické mapování byly výsledky základního geologického mapování (Zoubek et al. 1977, Straka et al. 1983). Pro j. okraj území byly zhodnoceny údaje ze čtyř listů inženýrskogeologické mapy v měřítku 1 : 5 000, zpracované v letech 1972—1975 pracovníky Projektového ústavu dopravních a inženýrských staveb a n. p. Geindustria pro území hlavního města Prahy. Z celého území byla k dispozici řada inženýrskogeologických, hydrogeologických a ložiskových posudků různého rozsahu a rozdílného stupně odborné kvality. Celkem bylo excerpováno a zpracováno téměř tři tisíce vrtů. Pro doplnění poznatků o hydrogeologických poměrech byla orientačně měřena hladina podzemní vody ve vybraných studních a odebrány vzorky vody k chemickým analýzám.

### Geologické a geomorfologické poměry

Předkvartérní podklad j. části území budují slabě regionálně metamorfované sedimentogenní a vulkanogenní horniny svrchního proterozoika stratigraficky řazené ke kralupsko-zbraslavské skupině. Ve vltavském údolí vytvářejí mohutná skalní defilé. Petrograficky jsou zastoupeny slabě metamorfované droby, prachovce, břidlice a silicity (bulizníky), z vulkanogenních hornin slabě metamorfované bazalty (spility). Paleozoického stáří je granitoidní těleso u Hoštic a granitoidy žilného doprovodu (Zoubek et al. 1977).

Křídové sedimenty pokrývají souvisle celou s. a sv. část území, jinde vystupují jen ostrůvkovitě. Bazální vrstvy zachované jen v reliktech jsou tvořeny jednak peruckými vrstvami ve facii jílovitých prachovců nebo písčitých jílovců často se zuhelnatělými rostlinnými zbytky (nevycházejí nikde na povrch), jednak korycanskými vrstvami ve facii psamitické (Horoměřice, Únětice). Vyšší bělohorské souvrství tvoří souvislejší pokryv. Na SV přibližně od spojnice Větrušice—Klečany—Březiněves je vyvinuto ve facii měkkých vápnitých jílovců a slínovců, j. a jz. od této čáry ve facii pevných písčito-prachovitých slínovců — opuk. Faciální přechod je plynulý. Nejsvrchnějším stratigrafickým členem křídvy jsou měkké slínovce jizerského souvrství v oblasti Klíčan a Vodochod.

V prostoru mezi Kobylisy, Zdiby a Sedlcem leží lakustrinní až fluvio-lakustrinní písky a štěrky pliocenního stáří. Z kvartérních sedimentů mají největší rozšíření uloženiny eolické (spraše) a fluvialní (terasové).

Podle geomorfologického členění ČSR (Czudek et al. 1972) náleží většina území ke Kladenské tabuli, která je součástí Pražské plošiny. Pouze na SV zasahuje do Českobrodské tabule, příslušející Středolabské tabuli. Rozhraní mezi oběma jednotkami probíhá po výrazném svahu mezi Březiněvsi, Sedlcem a Panenskými Břežany. Povrch území je jen mírně zvlněn a do něho je hluboce zaříznuto údolí Vltavy s jejími přítoky. Výška vltavských nárazových břehů běžně dosahuje kolem 100 metrů (např. u Podmoráně 120 m, u Větrušic 100 m). Nejvyšším bodem je silicitový kamýk Ládví (335 m) mezi Kobylisy a Ďáblicemi, vyčnívající 30—50 m nad úroveň povrchu pliocenních písků a štěrků, nejnižše leží hladina Vltavy s. od Libčic n. Vltavou (168 m).

Dnešní reliéf je výsledkem složitého geomorfologického vývoje. Nejstarším tvarem reliéfu je plošina v okolí Turska v nadm. výšce 300—310 m, která je součástí rozsáhlého zarovnaného povrchu polygenetického vývoje zachovaného mezi údolím Zákolanského potoka a Vltavy. Podle Balatky, Michovské a Sládka (1959) jde o zbytek předkřídového reliéfu, který byl překryt svrchnokřídovými uloženinami a během terciéru a kvartéru exhumován. Nad úroveň jeho povrchu vyčnívají silicitové suky (Krlíš 308 m, Erš 345 m, Na skalce 311 m, Hřivnác 321 m), sdružené při v. okraji plošiny v nízké hřbety (Nad libčickým hájem), j. a jv. od Turska je zakryt souvislým sprašovým pokryvem o mocnosti až 10 m.

Strukturní a tektonické poměry předkvartérního podloží se odrážejí ve výskytech a vzájemné pozici silicitových kamýků a hřbetů v závislosti na stupni denudace a exhumace reliéfu. Kamýky jsou soustředěny hlavně v oblasti denudačního reliéfu na levém břehu vltavském a v oblasti exhumovaného předkřídového reliéfu u Baště, odkud pokračují přes Předboj až do okolí Kojetic (již mimo zájmové území). Mají barrandienský směr, tj. JZ—SV. Do značné míry ovlivnily směry vltavských přítoků a daly podnět k vývoji údolních meandrů u Podmoráně a Libčic n. Vltavou (silicitová tělesa v proterozoických drobách v údolí Vltavy mezi Žalovem a Letkami). Při úpatí některých kamýků (např. Ládví) se zachovaly zbytky příbojových sedimentů.

Převážně horizontálně uložené svrchnokřídové sedimenty podmínily vznik strukturních plošin v okolí Bořanovic.

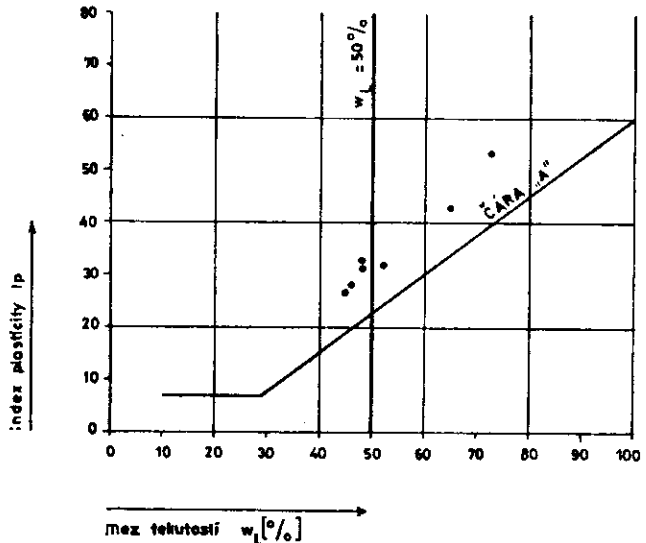
Nejvýraznějším morfologickým tvarem je epigenetické údolí Vltavy hluboce zaříznuté do proterozoických hornin. Směr údolí vltavských přítoků byl podstatně ovlivněn strukturně geologickými poměry (průběh silicitových těles, tektonické linie). Údolí založená v horninách proterozoika jsou sevřená, s příkrými svahy, vývoj údolní nivy je minimální (potoky Únětický, Podmoraňský, Máslovický, Drahanský). Na rozdíl od těchto hluboce zaříznutých údolí jsou mělce zahloubené údolní tvary vázány na značně denudovaný reliéf a na oblast křídových uloženin.

## Vývoj území v pliocénu a kvartéru

Hlavním modelačním činitelem v tomto období byla akumulční a erozní činnost Vltavy, kdy docházelo k postupnému ukládání štěrků a písků na rozsáhlých plošinách. Nejstarší jsou fluviolakustrinní uloženiny tzv. zdibského stadia, přiřazované k pliocénu (M a t ě j k a - K o d y m 1920). Litologicky jde o písky a písčité štěrky pokrývající křídovou plošinu mezi Kobylicí a Sedlcem, kde jsou z větší části překryty spraší.

V nejstarším pleistocénu, kdy vltavské údolí bylo až několik kilometrů široké, dochází k rozsáhlé akumulaci fluviálních štěrků a písků lysolajské a suchdolské terasy. Po uložení nejvyšších teras se začala Vltava silně zahlubovat a po proříznutí reliktů křídového pokryvu si vytvořila poměrně úzké údolí v odolných horninách proterozoika.

Ve středním a mladším pleistocénu tekla již zhruba svým dnešním údolím. Podstatnější změny nastaly v době ukládání vinohradské terasy, kdy dochází ke vzniku chýnovského meandru u Libčic n. Vltavou, který byl v následujícím erozním období opuštěn (Z á r u b a 1942). Údolní vývojové meandry u Libčic n. Vltavou a Podmoráně vznikly postupným prohlubováním a současným bočním rozšiřováním údolí, při kterém měla velký význam agradace. Jejich vznik byl podmíněn mohutnými tělesy silicítů v drobách a břidlicích (u Podmoráně) a výskyty bazaltů (spilitů) v Libčicích n. Vltavou. Tyto rigidní horniny tvořily lokální erozní bázi a nutily řeku v úseku bezprostředně výše položeném ke vzdouvání a tím k bočné erozi a agradaci (Z á r u b a 1942, 1943; B a l a t k a - M i c h o v s k á - S l á d e k 1959). S postupným zahlubováním Vltavy pokračovalo



1. Diagram plasticity eluvial křídových slínců a vápnitých jílovců (7 rozborů)

i prohlubování údolí jejich přítoků. Podle Kunce a Majera (1961) se jednotlivá erozní období ve vývoji vltavského údolí projevila vznikem stupňů a lomů v údolnicích jejich přítoků.

Ve würmu sedimentují spraše na rozsáhlých plošinách zdibských štěrků a písků, lysolajské a suchdolské terasy a na plošině v širším okolí Turska.

V nejmladším pleistocénu a holocénu pokračuje tvorba deluviálních sedimentů na svazích budovaných především proterozoickými horninami. Pokračuje vývoj strží, které mají často charakter hlubokých roklí s příkrými skalnatými svahy, vyústujících buď do údolí Vltavy nebo jejich přítoků. V holocenním období se ukládají nivní hlíny místy s polohami slatin (Trojanův mlýn), které téměř úplně pokrývají nejmladší terasový stupeň a vyplňují údolíčka potoků. V pramenních mísách a splachových depresích vznikají sedimenty deluviofluviální.

### Geodynamické jevy a procesy

Drobné sesuvy jsou vázány na křídové svahy u Bořanovic a Sedlce, které tvoří východní omezení plošiny pokryté pliocenními písčitémi štěrky zdibského stadia. Svahy jsou budovány slínovci a vápnitými jílovcí. Svahové pohyby jsou nejlépe sledovatelné v prostoru Na Beckově ssv. od Sedlce. Ve smyslu klasifikace Nemčoka, Paška a Rybáře (1974) jde o mělké planární sesuvy. Sesuvné území zaujímá plochu asi 0,04 km<sup>2</sup>. Odlučná stěna o maximální výšce 1 m pod hranou plošiny není všude výrazná; porušení svahu je zřetelné, povrch deformace je zvlněný. Čela jednotlivých drobných sesuvů jsou mírně vyboulená.

Sesouvající se materiál je tvořen deluviálními hlínami a slínovcovými eluvii s příměsí spraše a valounů štěrku. Celková mocnost sesouvajících se hmot nepřesahuje 5 m. Celý terén je porostlý vzrostlým lesem, pokřivené stromy indikují sesuvné pohyby.

Bezprostřední příčinou sesouvání jsou klimatické faktory. Vsakující se srážková voda vytváří freatickou zvoďeň na bázi pliocenních písčitých štěrků, která se pak skrytými prameny odvodňuje podél jejich okraje do níže ležících deluvií a slínovcových eluvií. Ve vlhkých obdobích tak dochází k podmáčení a rozbředání zemin na svahu a k jejich následnému pohybu. Eluvia slínovců vykazují vysokou plasticitu. Hodnota  $I_p$  zjišťovaná u 7 vzorků z nejbližšího okolí sesuvů se pohybovala v rozmezí 27,1 až 53,1 ( $w_L = 45,5-73,2\%$ ;  $w_P = 15,2-22,7\%$ ). Sesouvání není sanováno a neohrožuje žádné stavební objekty.

Tvary lineární eroze (strže) jsou vyvinuty především na svazích vltavského údolí, kde jsou založeny v proterozoických horninách.

Mají příkrý spád, v horních částech jsou často rozvětvené a jejich složitější průběh bývá podmíněn strukturně. Zpravidla jsou hluboké od 3 do 15 m. V příčném profilu převažuje tvar „V“, jen místy přecházejí strže v balky s plochým dnem. Většinou začínají mísovitými depresemi nad hranami svahů, zpětnou erozí se prodlužují a postupně tak rozčleňují okraje terasových, popř. denudačních plošin (Větrušice, Máslovice, Vodochody). Strže jsou protékány periodicky, některé mají stálou vodoteč (Větrušice, Klecany). Při jejich vyústění se často vytvářejí dejekční kužele (Libčice n. Vltavou — V Dole, Klecánky, u Trojanova mlýna v údolí Únětického potoka).

**Balvanová moře a proudy.** Pod vlivem periglaciálního klimatu v průběhu pleistocénu docházelo k dezintegraci povrchu silicitových kamýků a kamýkových hřbetů. U některých se tak při jejich úpatí vytvořila balvanová moře, která na příkrých údolních svazích přecházejí v balvanové a suťové proudy v důsledku gravitace a soliflukce. Příkladem těchto procesů jsou balvanové akumulace na svazích Stříbrníku (kóta 311 m u Podmoráně). Vrch Stříbrník je budován tělesem silicitu se dvěma výraznými hřbety směru S—J a SZ—JV. Na s. straně pod vrcholem Stříbrníku je vyvinut asi 10 m vysoký a 30 m dlouhý mrazový srub. Balvanové akumulace sledují průběh obou zmíněných hřbetů a mají charakter proudů, jejichž délky nepřesahují 100 m. Vzhledem k intenzivnímu rozpadu silicitu převažují v prouděch hranáče průměrně kolem 1 m<sup>3</sup>, pouze pod mrazovým srubem jsou rozměrnější. Mezerní výplň tvoří drobná hlinito-kamenitá suť. Morfologicky lze oba balvanové proudy charakterizovat jako mělké, pouze nad železniční zastávkou Úholičky je proud hlubší, tj. bez jemnozrnější výplně mezi nakupenými balvany. V důsledku toho není zarostlý stromy ani keři.

Ze s. svahu Kozích hřbetů popsal balvanové moře Záruba (1955). Drobné balvanové akumulace a roztroušené izolované bloky lze pozorovat i na svazích Řivnáče, Černé skály u Klecan, na silicitových kamýkách nad Úholičkami aj.

### **Inženýrskogeologická charakteristika hornin a zemin**

Geologická stavba studovaného území je velmi pestrá. Z hornin předkvartérního podkladu se na ní uplatňují horniny metamorfované, vulkanické a sedimentární, stratigraficky zařazované od proterozoika až do neogénu. Kvartérní pokryvy budují jednak sedimenty soudržné, zastoupené sprašemi, polygenetickými, deluviálními, fluviálními a deluviofluviálními sedimenty, jednak nesoudržné, zastoupené terasovými písky a štěrky Vltavy a jejích přítoků. Pro inženýrskogeologické účely byly vy-

mezeny litologické soubory, které představují skupiny hornin a zemin obdobných geotechnických vlastností.

Pro skalní horniny předkvartérního podkladu jsou v tabulce 1 uváděny hodnoty fyzikálně mechanických vlastností podle Dvořáka (1975) a Hudka (1979):

— objemová hmotnost v přirozeném uložení ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ )	— $\rho_n$
— nakypření (% z kubatury skutečného profilu)	— $nk$
— nadměrný výlom (% z kubatury ideálního profilu)	— $nv$
— modul přetvárnosti (MPa)	— $E_{def}$
— modul pružnosti (MPa)	— $E$
— úhel smykové pevnosti ( $^\circ$ )	— $\Phi$
— pevnost v jednoosém tlaku (MPa)	— $\sigma_c$

Pro zeminy zvětralinových plášťů a pokryvných útvarů jsou uvedeny hodnoty jejich fyzikálně mechanických vlastností, zpracované na podkladě stávajících analýz excerpovaných z archívní dokumentace (celkem 2 782 analýz):

— plasticita (%)	— $w_L, w_p, I_p$
— přirozená vlhkost (%)	— $w_n, w_\sigma$
— číslo konzistence	— $I_c$
— měrná hmotnost ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ )	— $\rho_s$
— objemová hmotnost ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ )	— $\rho_d, \rho_n$
— pórovitost (%)	— $n$
— stupeň nasycení (%)	— $S_r$
— obsah uhličitánů (%)	
— obsah organických látek (%)	
— oedometrický modul přetvárnosti (MPa)	
— pro stupně zatížení (kPa)	— $M_o$

V tabulkách 2 až 6 jsou uvedena pouze zjištěná minima a maxima hodnot geotechnických parametrů a neplatí u nich závislost ve směru vertikálním.

## Horniny předkvartérního podkladu a jejich eluvia

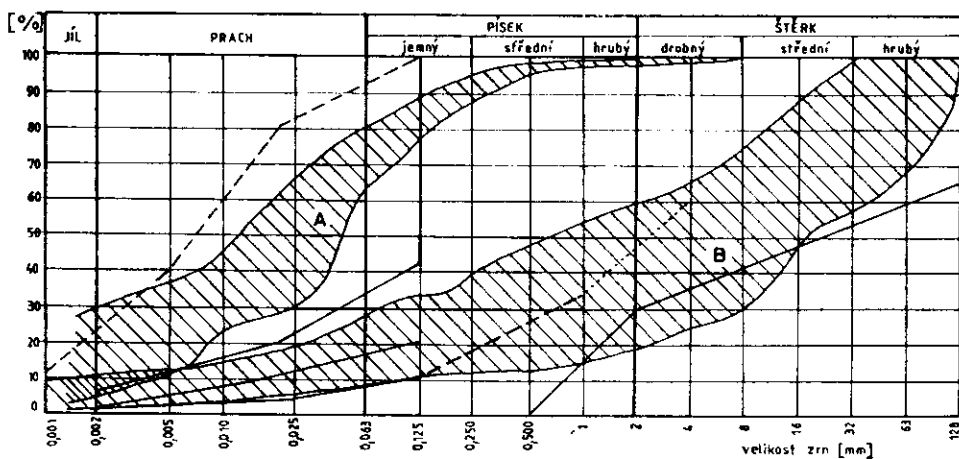
### Proterozoické droby, prachovce a břidlice

Na levém vltavském břehu budují předkvartérní podklad mezi Suchdolem, Roztoky, Žalovem a Letkami, na pravém břehu mezi Bohnicemi, Klecánky a Řeží. V mohutných defilé jsou odkryty především v údolí Vltavy a jejích přítoků (Únětického, Drahanského, Podmoráňského potoka).

Podle stratigrafického členění Maška a Zoubka (1980) je řadíme ke kralupsko-zbraslavské skupině barrandienského proterozoika. Převládající horninou jsou droby. V čerstvém stavu jsou tmavošedé až černé, jemně až středně zrnité, masivní. Obsahují četné vložky prachovců a břidlic. Obvykle jsou středně rozpukané, tlustě deskovitě až lavicovitě odlučné, naproti tomu břidlice a prachovce bývají tenké až tlustě deskovitě odlučné. Droby jsou odolnější vůči erozi i denudaci a vytvářejí rozsáhlé skalní výchozy.

Souvrství sedimentogenních proterozoických hornin je často proniknuto mladšími intruzemi porfyritů a žilných bazaltů (diabasů). Žily mají různé směry, jejich četnost je místy značná (s. od Dolu), mocnosti jsou řádově decimetrové až metrové.

Droby s vložkami břidlic a prachovců představují únosné, suché a stabilní základové půdy většinou obtížně rozpojitelné. Při rozpojování se horniny rozpadají v pevné desky a úlomky. Při zakládání je však třeba počítat s jejich rozdílnou pevností, odolností vůči zvětrávání a s tektonickým porušením.

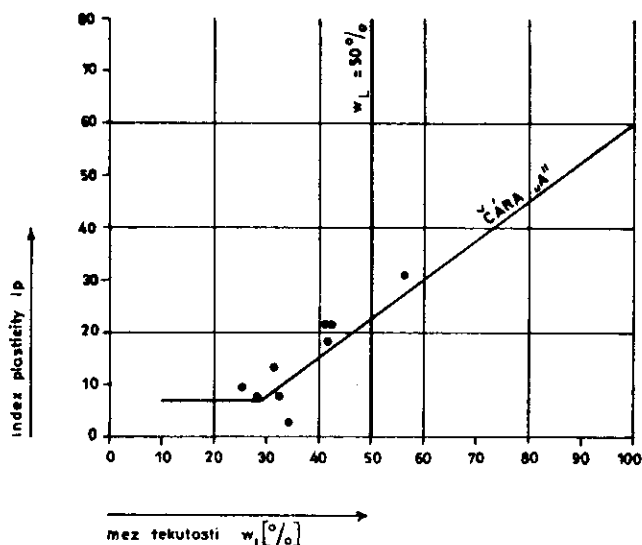


2. Obalové křivky zrnitosti eluví drob, prachovců a břidlic (A = 3 rozbory, B = 11 rozborů)

Na plošinách a mírných svazích podél vltavského údolí jsou proterozoické horniny často fosilně zvětralé. Tloušťka zvětralinového pláště je variabilní v závislosti na intenzitě denudace. Hluboké zvětralinové pláště lze proto předpokládat zvláště pod relikty křídových uloženin nebo v jejich bezprostřední blízkosti, kde zůstaly uchráněny před denudací. Při s. okraji Suchdola dosahuje zvětrání až do hloubky 10 m (podél silnice ve



Výhledech). Ve vrtech zde byla zastižena rudě fialová písčitojílovitá až jílovitá zvětralina drob, silně limonitizovaná. Severozápadně od Libčic n. Vltavou, U Debrna v místě stávajícího odkaliště s. p. Šroubárny, byla na několika místech navrtána žlutobílá zvětralina charakteru jílu o tloušťce 3 m, při v. okraji Turska 4 m a při silnici z Turska do Úholiček 2 m. Fosilní zvětraliny byly též zjištěny nad Trojanovým mlýnem. Na pravém vltavském břehu byly zastiženy v okolí státního statku v Ďáblicích a v Čimicích. Západně od výpadové silnice v Horních Chabrech byly navrtány v tloušťce 8,80 m.



3. Diagram plasticity eluví drob, prachovců a břidlic (9 rozborů)

Zeminy vzniklé fosilním zvětráváním drob, prachovců a břidlic mají charakter převážně jílovité hlíny písčité. Mají pestré barvy (bílou, rudě fialovou, zelenožlutou) a většinou pevnou, místy i tuhou konzistenci. Jsou smrštitebné, bobtnavé a stlačitelné, nebezpečně až vysoce namrzavé.

### Silicity (bulžníky)

Na rozdíl od proterozoických drob, prachovců a břidlic jsou velmi odolné vůči zvětrávání. V mapovaném území se proto uplatňují především morfoloicky. Vytvářejí rozsáhlá tělesa generelně protažená ve směru JZ—SV, vyčnívající nad úroveň okolního zarovnaného povrchu (Ládví — kóta 355 m mezi Kobylysi a Ďáblicemi, Kozí hřbety u Suchdola, Holosmetky, s. od Baště apod.). Naproti tomu na turské plošině budují silicity

jen drobné kamýky. Jejich mohutná skalní defilé jsou odkryta v údolí Vltavy mezi Žalovem a Letkami.

Jde o tmavé horniny s masívní, plošně paralelní nebo brekciovitou stavbou. Jsou hojně rozpukány a prošlehány žilami bílého křemene. Jednotlivá tělesa bývají doprovázena, zejména při okrajích, šedými, křemenem bohatými břidličnými horninami. Místy se tyto horniny vyskytují i uvnitř silicitových těles. Pro silicity je charakteristický balvanitý a blokový rozpad s tvorbou balvanových moří (např. Řivnáč, Stříbrník, Kozí hřbety).

Silicity představují velmi únosné základové půdy, velmi těžce rozpojitelné.

### Bazalty

Do této skupiny skalních hornin řadíme slabě metamorfovaný bazalt (spilit), granitoidní těleso u Hoštic a žilný bazalt v Dolních Chabrech. Nejrozšířenější je slabě metamorfovaný bazalt, budující rozlehlé těleso na obou březích Vltavy v okolí Libčic n. Vltavou a Dolu. Podle Z o u b k a (in S t r a k a et al. 1983) jsou j. od Dolu a v okolí Dolních Chaber vyvinuty masívní „spility“, s. od Dolu mají plošně paralelní stavbu.

Bazalty jsou tmavošedé až zelenošedé, navětralé a zvětřalé bývají zelenavě a okrově hnědé. Jsou pevné, masívní, s nepravidelným balvanitým, místy deskovitým rozpadem. Poskytují únosnou, avšak obtížně rozpojitelnou základovou půdu. Zvětraliny bazaltů, jejichž mocnost nepřesahuje 2 m, mají charakter hlinitých písků až písčitých hlín s úlomky.

### Pískovce mořského cenomanu

Vycházejí na povrch na nevelkých plochách v okolí Únětic a Horoměřic, kde lemují plošiny budované bělohorským souvrstvím. Drobné relikty se zachovaly v okolí Přemyšlení jv. od Klecan. Stratigraficky přísluší ke korycanským vrstvám. Litologicky jde o bělošedé až žlutošedé, převážně středně zrnité pískovce, v nejvyšších polohách glaukonitické. Bývají zvětrány od hloubky 2—3 m a přecházejí v písčité eluvia. Mocnosti korycanských pískovců se pohybují v rozmezí 10—15 m (S t r a k a et al. 1983).

Pískovce představují suché, únosné, dobře až obtížně rozpojitelné základové půdy.

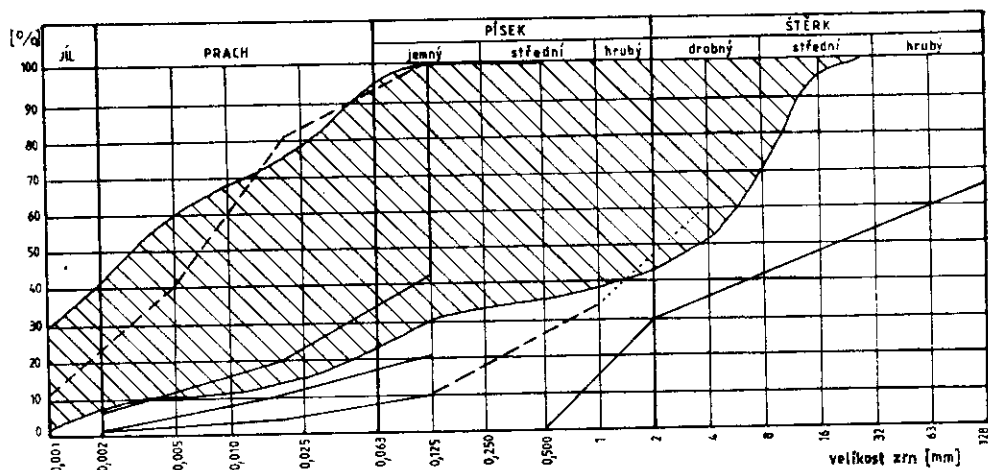
Jen zřídka je zastoupena také příbojová facie vápenců až silně vápnitých pískovců s valouny a balvany silicitu. Její sedimenty se objevují pouze v reliktech při úpatí buližníkových kamýků (sv. od Ůholiček, Holo-

smetka]. Pro svůj malý rozsah a pozici mohou tvořit základovou půdu jen výjimečně. V kladném případě půjde o základovou půdu litologicky značně heterogenní.

#### Písčité slínovce až vápenatopísčité prachovce (opuky)

Stratigraficky přísluší k bělohorskému souvrství spodního turonu. Na pravém vltavském břehu, přibližně na JZ od linie Větrušice—Klecany—Březiněves, je bělohorské souvrství reprezentováno pevnými písčítými slínovci až vápenatopísčítými prachovci s hojným obsahem převážně kalcifikovaných jehlic silicispongií a foraminifer (typické opuky). Na levém břehu budují tyto horniny plošiny v okolí Horoměřic a Turska. Na SV od zmíněné hranice převažují měkčí slínovce až vápnité prachovce. Mocnost bělohorského souvrství byla ověřena vrtem ÚÚG asi půl kilometru sz. od Klíčán, kde dosahuje 44,00 m (S t r a k a et al. 1983).

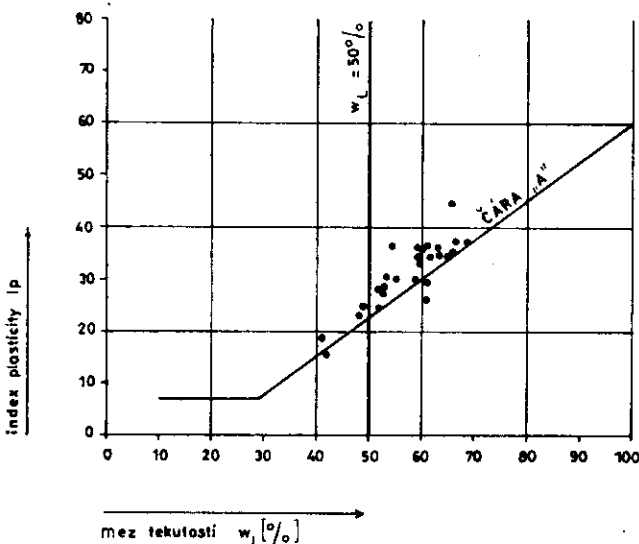
Opuky jsou bělošedé až šedobílé horniny, ve výchozech obvykle navětralé, středně až silně rozpukané s převládajícími vertikálními puklinami. Jejich odlučnost je horizontální, daná vrstevnatostí. Ve větší hloubce je zpravidla lavicovitá až tlustě deskovitá. Do hloubky kolem 3 m jsou opuky tenče deskovitě odlučné a úlomkovitě rozpadavé. Při povrchu bývají nakypřeny mrazem. Podle obsahu jehlic spongií mají nerovnoměrnou odolnost vůči zvětrávání. Z hlediska zakládání poskytují velmi vhodné, značně únosné základové půdy. Jsou vhodné zejména pro objekty za-



4. Obalové křivky zrnitosti eluvií písčitých slínovců a vápenatopísčitých prachovců (opuk) — 28 rozborů

kládané v jedné úrovni, neboť geotechnické vlastnosti zvětralé a navětrané zóny jsou značně proměnlivé se vzrůstající hloubkou.

Zvětralininy opuk mají charakter jílovité hlíny až písčitého jílu tuhé až pevné konzistence. Jsou smrštitelné, stlačitelné, rozbídné a namrzavé.



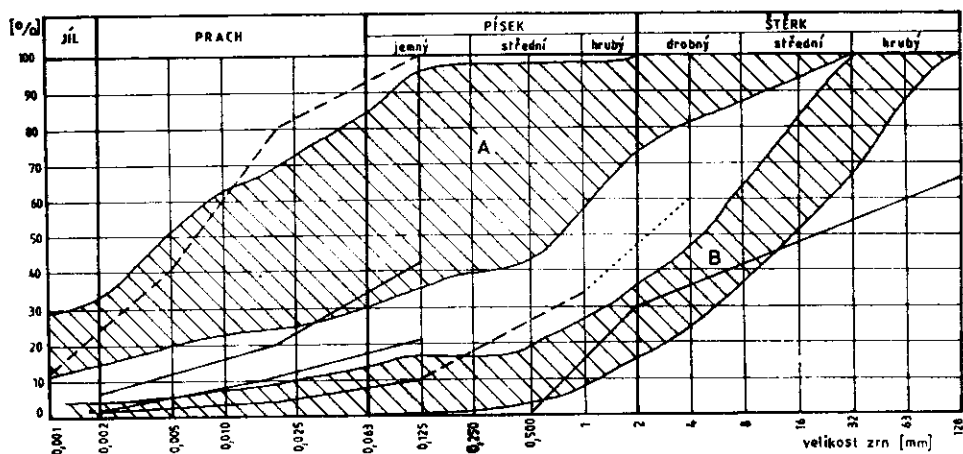
5. Diagram plasticity eluví písčitých slínovců a vápenatopísčitých prachovců (opuk) — 26 rozborů

### Slínovce až vápnité prachovce

Reprezentují bělohorské souvrství na pravém vltavském břehu na SV od zmíněné linie Větrušice—Klecany—Březiněves. V jejich nadloží v okolí Klíčán a Panenských Břežan se zachovaly relikty jizerského souvrství, vyvinuté ve facii slínovců a vápnitých jílovců. Z hlediska inženýrsko-geologického vyčleňujeme tyto horniny do skupiny hornin poloskalních, neboť mají jiné geotechnické vlastnosti než opuky. Jsou málo odolné vůči zvětrávání a erozi. Poměrně snadno zvětrávají; jejich eluvia mají ráz písčitojílovité až jílovité hlíny převážně tuhé až tvrdé konzistence. Hloubka zóny zvětrávání kolísá a je závislá též na expozici terénu. Eluvia těchto hornin se vyznačují řadou nepříznivých vlastností. Jsou objemově nestálá — při zvlhčení bobtnají a ve styku s vodou rozbídnají. Jsou značně smrštitelná a na svazích náchylná k sesouvání. Proto je třeba při zakládání na zvětralých slínovcích a jílovcích vždy volit základovou spáru v dostatečné hloubce pod povrchem území — podle ČSN 73 1001 nejméně 1,6 m.

## Písky až písčité šterky — neogén

Lakustrinní až fluviolakustrinní sedimenty zdíbského stadia pokrývají křídovou plošinu v širším okolí Kobylis, Zdib a Sedlce. Z větší části jsou překryty spraší a na povrch vystupují jen při okrajích sprašového pokryvu, kde byly předmětem exploatace (Kobylisy, Dolní Chabry). Jejich báze leží v okolí Sedlce v nadmořské výšce ca 285 m, odtud směrem k Ládvi stoupá na 290—300 m. Celková mocnost je udávána mezi 20 až 40 m. Při z. okraji Horních Chaber byla zjištěna přes 22 m, mezi Zdiby a Sedlcem nepřesahuje 10 m. V ložiskovém vrtu 250 m sz. od kobylišké vozovny byla 25,40 m, aniž bylo dosaženo podloží (V o h a n k a 1956). V sedle mezi silicovitými kamýky Ládvi a Čimickým hájem uvádí M a t ě j k a (1922) jejich mocnost přes 35 m.



6. Obalové křivky zrnitosti sedimentů zdíbského stadia (A = 15 rozborů, B = 3 rozborů)

Litologicky jde o rezavé nebo rezavě skvrnité, středně až hrubě zrnité, silně jílovité písky se šterky, místy s vložkami jílu. Valouny jsou tvořeny převážně křemenem a buližníkem. Písky a písčité šterky jsou ulehle a převážně nezvodnělé. Při dostatečné mocnosti představují vcelku vhodné základové půdy. Je však třeba počítat s jejich lokální nestejnorodostí (polohy jílovitých zemin a jílu —  $I_p = 12,2-37,7$ ; 5 vzorků). Ze stěn pískoven za kobyliškou vozovnou uvádí Š i m e k (1978) výskyt drobných čoček silně zvětralých úlomků písčitých slínovců (opuk) a závalky jílovců. V jižní části sídliště Kobylisy (j. od okraje zájmového území) v prostoru bývalé cihelny byla Š i m k e m (1978) zjištěna tzv. jílovitá facie, představovaná jílovitopísčitými silty až jílovitohlinitými písky.

Tabulka 1

Fyzikálně mechanické vlastnosti hornin předkvartérního podkladu a jejich zařazení podle československých norem

litologický typ horniny	1	2	3	4
	objemová hmotnost v přirozeném uložení $\rho_n$ [kg.m <sup>-3</sup> ]	nakypření $n_k$ (% z kubatury skutečného profilu)	nadvýlom $n_v$ (% z kubatury ideálního profilu)	modul přetvárnosti $E_{def}$ [MPa]
<b>A</b> droby, prachovce, břidlice (proterozoikum)	2 700+	40—60	5—10	800—10 000+ 150—2 000++
<b>B</b> silicity	2 600+	30—60	5—10	5 000—20 000+
<b>C</b> bazalty	2 800+	30—50	5—7	1 000—15 000+ 200—5 000++
<b>D</b> vápnité pískovce (křída — korycanské vrstvy)	2 500+	20—40	5	300—2 000+ 100—500++
<b>E</b> vápnité prachovce, písčité slínovce (spongilitické) — opuky (křída — bělohorské souvrství)	2 200—2 300+	20—40	5	500—4 000+ 100—2 000++

+ pro nevětralé málo rozpukané

++ pro navětralé středně až málo rozpukané

Vedle těchto lakustrinních až fluviolakustrinních sedimentů se vyskytují v malých izolovaných reliktech jv., s. a sz. od Ládvi pod sprašovým a deluviálním pokryvem písčité šterky, jejichž mocnosti nepřesahují 3 až 5 m. Podle S t r a k y (1983) jde o šterky o průměru 3—6 cm, místy silně písčité, se závalky jílu. Báze těchto sedimentů je v úrovni 304 až 305 m, místy klesá na 299—300 m. Hrubé, převážně bulžníkové šterky až balvany o průměru 30—50 cm s pískem vyplňují i kapsy odkryté bulžníkovými lomy na s. svahu Ládvi v nadmořské výšce kolem 327 m. Všechny tyto reliktní šterky jsou pravděpodobně stejného stáří a odpo-

5	6	7	zařazení do tříd podle ČSN		
modul pružnosti $E$ [MPa]	úhel smykové pevnosti $\phi$ [°]	pevnost v jednoosém tlaku $\sigma_c$ [MPa]	ČSN 73 1001	ČSN 73 3050	ÚN 73 7010
1 200—15 000+ 250—3 000++	38—49+ 37—48++	80—120+	R 2	5—6	IIIa—VI
7 000—25 000+	45—52+	100—150+	R 1	7	I—III
1 200—20 000+ 400—8 000++	39—50+ 38—49++	100—150+	R 1	5—7	II—V
700—3 000+ 250—1 000++	34—42+ 32—40++	50—100+	R 2, R 3	4—5	V—VIa
1 000—6 000+ 200—3 000++	38—44+ 30—42++	30—60+	R 3	4—5	IIIa—VI

Údaje ve sloupcích 1—3 a 7 podle A. Dvořáka (1975), 4—6 podle J. Hudka (1979)

vídají příbřežní (příbojové) facie pliocenní sedimentační pánve, tj. kobylického jezera ve smyslu Žebery a Mikuly (1982).

### Kvartérní pokryvné útvary

#### Spraše

Na pravém vltavském břehu pokrývají rozsáhlé plošiny mezi Dolními Chabry, Zdíby, Drasty a Máslovicemi, na levém břehu mezi Roztoky a Úněticemi a v širším okolí Turska. Jejich mocnosti se pohybují v průměru

Tabulka 2

Fyzikálně mechanické vlastnosti eluví hornin předkvartérního podkladu

druh zkoušky	eluvia proterozoických drob, prachovců, břidlic						rozložené písčité slínovce (opuky)						
	min	max	n	$\bar{x}$	$\sigma$	V	min	max	n	$\bar{x}$	$\sigma$	V	
plastičita	mez tekutosti $w_L$ [%]	25	56	9	36,72	9,06	24,67	40,4	68,6	26	58,09	7,32	12,60
	mez vláčnosti $w_p$ [%]	15	31,6	9	21,46	4,69	21,85	18,8	34,9	26	26,43	3,65	13,81
	číslo plasticity $I_p$	3,1	31	9	15,27	8,37	54,81	15,9	43,6	26	31,66	6,23	19,67
přirozená vlhkost	třhová $w_n$ [%]	19	35,2	10	19,45	7,71	39,64	15,6	28,5	26	21,89	2,80	12,79
	objemová $w_o$	27,7	42,36	3				28,0	42,2	23	34,83	3,48	9,98
číslo konzistence $I_c$		0,68	2,13	6				0,88	1,04	3			
měrná hmotnost $\rho_s$ [kg/m <sup>3</sup> ]		2 648	2 684	2				2 645	2 718	23	2 692,34	16,23	0,60
objemová hmotnost zeminy	suché $\rho_d$ [kg/m <sup>3</sup> ]	1 475	1 785	3				1 470	1 785	25	1 620	63,24	3,90
	přir. vlhké $\rho_n$ [kg/m <sup>3</sup> ]	1 890	2 070	3				1 821	2 090	25	1 970,45	40,97	2,08
pórovitost $n$ [%]		33,5	44,30	3				34,1	45,8	23	39,80	2,39	6,00
stupeň nasycení $S_r$ [%]		74	96	3				76,7	97	23	87,44	5,37	6,14
obsah uhlíčitánů [%]		0,5	5,3	4				6,2	50,4	23	27,94	13,85	48,85
obsah organických látek [%]		1,17	2,6	2				0,0	0,85	23			
oedometr. modul pře- tvárnosti $M_0$ [MPa]	pro stupně zatížení [kPa]												
	50—100							31,5	71,4	14	44,23	12,43	28,10
	100—200							38,7	77,1	12	57,13	11,50	20,12
	200—400							43,1	109,6	12	81,90	22,40	27,35

min = minimální hodnota, max = maximální hodnota, n = počet zkoušek  
 $\bar{x}$  = aritmetický průměr,  $\sigma$  = směrodatná odchylka, V (%) = variační koeficient ( $\sigma/\bar{x} \cdot 100$ )



Tabulka 3

Fyzikální vlastnosti jílových a prachových zemin, tvořících vložky v neogenních písčích a štěrčích zdíbského stádia

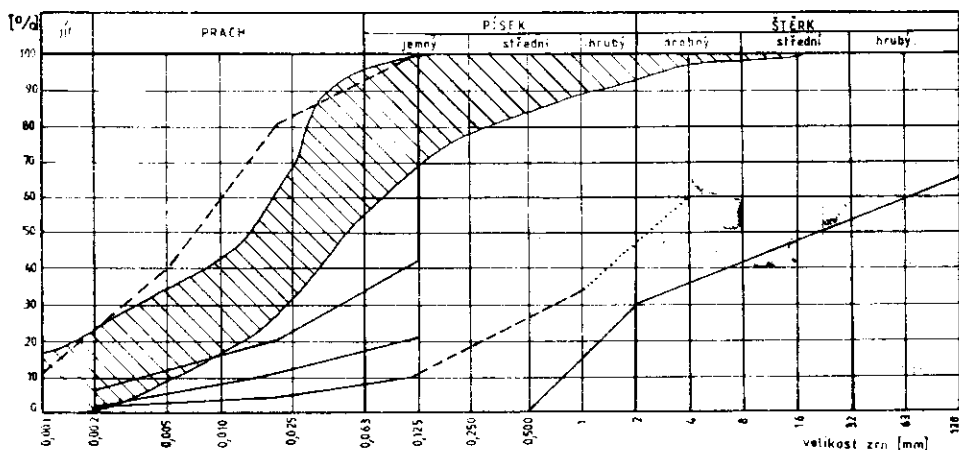
druh zkoušky		min	max	n	$\bar{x}$	$\sigma$	V
plasticita	mez tekutosti $w_L$ [%]	36,2	77,5	5	52,74	14,44	27,37
	mez vláčnosti $w_p$ [%]	24,0	39,8	5	28,44	5,85	20,56
	číslo plasticity $I_p$	12,2	37,7	5	24,30	9,82	40,41
přirozená vlhkost	tíhová $w_n$ [%]	20,6	31,4	5	24,24	3,91	16,13
	objemová $w_o$ [%]	34,7	45,7	5	38,54	3,84	9,96
číslo konzistence $I_c$							
měrná hmotnost $\rho_s$ [kg/m <sup>3</sup> ]		2 637	2 696	5	2 669,4	20,18	0,75
objemová hmotnost zeminy	suché $\rho_d$ [kg/m <sup>3</sup> ]	1 453	1 697	5	1 602,4	90,64	5,85
	přir. vlhké $\rho_n$ [kg/m <sup>3</sup> ]	1 910	2 057	5	1 987,8	55,18	2,77
pórovitost $n$ [%]		36,6	45,7	5	39,94	3,39	8,48
stupeň nasycení $S_r$ [%]		94,3	100	5	96,44	2,29	2,37
obsah uhlíčanů [%]		0,8	1,2	5	1,00	0,17	17
obsah organických látek [%]		0,0	0,25	5			

mezi 2—5 m. Na svazích s jv. a v. expozicí se naproti tomu setkáváme se sprašovými závěsemi (Libčice n. Vltavou, Letky, Žalov, Tursko, Ďáblice). V závěších jsou spraše mocné 10—15 m, a proto byly exploatovány četnými cihelnami. V profilech odkrytých těžbou zde byly v minulosti zjištěny fosilní půdní komplexy s bohatou malakofaunou a s archeologickými artefakty.

Při bázi sprašových pokryvů bývají často polohy soliflukčních sedimentů. Např. v Libčicích n. Vltavou (Na zabitém) následuje pod spraší v hloubce 4 m hlinitokamenitá suť, složená z úlomků prachovců, drob a buližníku o průměru až 13 cm, v mocnosti přes 3 m. Jihovýchodně od Turska byl ve spraši v hloubce 3 m zjištěn soliflukční horizont, tvořený žlutorezavým jílem se zahrnutými valouny silicitu a křemene o průměru 3 až 5 cm. Pod ním pokračuje do 9 m opět spraš. Soliflukční polohy zde bývají mocné zpravidla 2—4 m. Obdobné výskyty byly zastiženy s. od Úholiček. V oblasti Suchdola se soliflukční sedimenty vyskytují při bázi sprašových pokryvů při j. úpatí Kozích hřbetů, kde dosahují až desetimetrové mocnosti. Geneticky jde o rozvlečené fosilní hlinitokamenité suť podél

úpatí silicitových kamýků a o rozvlečené písky a šterky z okrajů teras.

Spraše jsou hnědožluté s typickou prizmatickou odlučností. V celém profilu jsou vápnité s výraznými povlaky a záteky  $\text{CaCO}_3$  na trhlinách, s polohami cicvárů a s pseudomyceliemi. Při okrajích akumulací na mírných svazích obsahují spraše místy příměs úlomků okolních podložních hornin a v horizontálním směru tak plynule přecházejí do eolickodeluviálních, převážně hlinitých sedimentů.

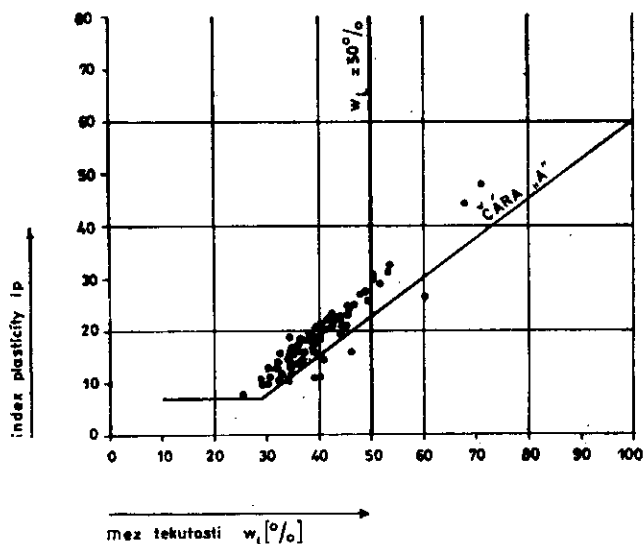


7. Obalové křivky zrnitosti spraší (96 rozborů)

Spraše mají tuhou až tvrdou konzistenci, jsou pórovité, dosti stlačitelné a citlivé na rozdílná zatížení. Při provlhčení může dojít ke zhroucení struktury a ke ztrátě pevnosti ve smyku (k poklesu soudržnosti). Jsou nebezpečně namrzavé. Hodnota součinitele poměrné prosedavosti, zjišťovaná u dvaceti vzorků, se pohybovala v rozmezí 0—0,017. Jako základové půdy jsou proto vhodné jen pro lehké nenáročné objekty. Pro náročnější stavby je třeba prokázat jejich vhodnost příslušnými geotechnickými zkouškami. Z technického hlediska jsou spraše vhodným prostředím pro provádění hlubinných základů — pilot. Dobře se vrtají a otvory pro piloty se udrží dosti dlouho bez pažení.

### Sedimenty polygenetické a deluviální

Do skupiny polygenetických sedimentů řadíme v území spraše s úlomky hornin, sprašové a eolickodeluviální hlíny. Jednotlivé typy sedimentů do sebe navzájem přecházejí. Pokrývají mírné svahy u Horoměřic, Čer-



8. Diagram plasticity  
spraší (137 rozbordů)

ného Vola, Brnek a Baště. Jsou mocné maximálně kolem 4 m. Jižně a jz. od Baště, kde vznikly smíšením spraší a eluvií podložních křídových slínovců, mají výrazný obsah jílovité komponenty. Ve svém profilu jsou světle okrově šedé, při bázi až zelenošedé, s rezavými záteky, vápnité.

Na proterozoických horninách jsou polygenetické sedimenty tvořeny převážně prachovitými a jílovitoprachovitými hlínami s polohami písků a s hojnými úlomky pevných hornin. Podél jv. úpatí silicitových kamýků zakončených Kozími hřbety z. od Suchdola byly navrtány v jejich podloží (podobně jako pod sprašemi) soliflukční kamenitohlinité sedimenty v mocnosti 2–5 m. Polygenetické sedimenty mají většinou tuhou až pevnou konzistenci, jsou smržitelné a stlačitelné.

Sedimenty deluviální pokrývají zpravidla jen údolní svahy vltavských přítoků. Vznikly soliflukčním, ronovým a gravitačním přemístěním eluvií proterozoických a křídových hornin, spraší, terasových štěrků a písků. Jejich mocnosti nepřesahují zpravidla 3 m. Asi 2 km ssz. od železniční stanice Libčice n. Vltavou při úpatí svahu nad tratí byly navrtány v ojedinelé mocnosti 17 m.

V oblasti křídových slínovců a vápnitých jílovců mají deluvia charakter prachovitých až písčitých hlín s kolísající příměsí štěrků a písků rozvlečených z okrajů výše položených teras. Mají tuhou až pevnou konzistenci, jsou namrzavá až nebezpečně namrzavá.

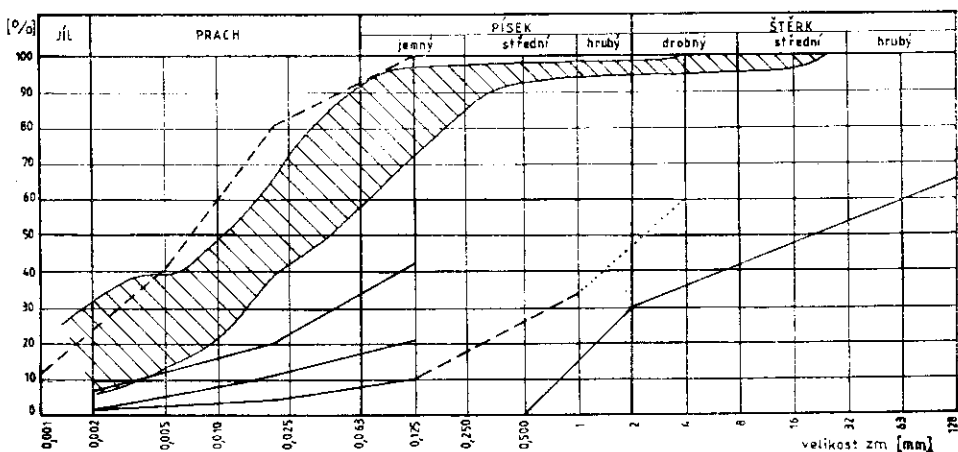
Na území proterozoických hornin jsou deluviální sedimenty kamenitohlinité až hlinitokamenité. Na mírných svazích, kde nedocházelo k velkému přemísťování eluviálního pláště, převažují deluvia kamenitohlinitá. Klastickou složkou v písčitých hlínách jsou zde střípky a drobnější úlom-

ky drob, prachovců, břidlic, silicitů, bazaltů a přemístěné terasové šterky. V okolí silicitových kamýků mají deluvia charakter nepravidelného střídání poloh hlín deluviálního, polygenetického nebo eolického původu, s polohami hrubých úlomků a suti. Se vzrůstjícím množstvím a velikostí klastik se postupně vytvořila deluvia balvanitohlinitá (Ládví, Kozí hřbety, Černá skála). Mezerní výplň mezi klastiky pak tvoří písčité a jílovité hlíny tuhé až pevné konzistence nebo hlinité písčky.

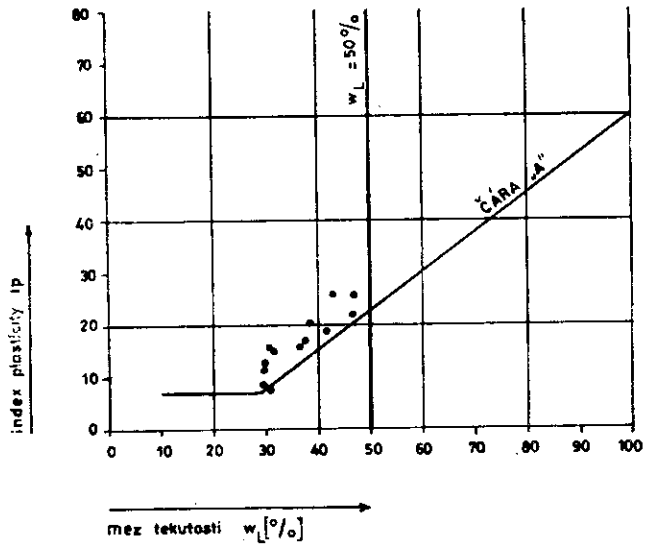
Kamenitohlinitá deluvia jsou v důsledku své geneze nehomogenní, a proto také nestejně stlačitelná. Z hlediska zakládání představují středně únosné základové půdy pro nenáročné stavby. Balvanitohlinitá deluvia v okolí silicitových kamýků jsou zpravidla obtížněji rozpojitelná.

### Sedimenty deluviofluviální

Vyplňují úzké, protáhlé a mělké splachové deprese plynule přecházející do údolních niv potoků. V období jarního tání a zvýšených srážek se v nich soustřeďuje povrchový odtok; po většinu roku jsou však bezvodé. V oblasti Máslovic a Větrušic vyplňují deluviofluviální sedimenty pramenné mísy, které pod hranami svahů přecházejí v hluboké strže vyústující do údolí Vltavy nebo jejích přítoků. Sedimenty v depresích jsou většinou litologicky podobné nebo shodné se sedimenty z bezprostředního okolí. Jejich mocnosti jsou značně proměnlivé a v průměru se pohybují mezi 1–3 m. Mocnosti přes 5 m byly navrtány v Čimicích, Suchdole, s. od Dáblic a v ojedinělém případě přes 10 m v Řeži v prostoru Ústavu jaderného výzkumu.



9. Obalové křivky zrnitosti deluviofluviálních sedimentů (15 rozborů)



10. Diagram plasticity deluviofluviálních sedimentů (15 rozborů)

Granulometricky odpovídají deluviofluviální sedimenty převážně jílovité hlíně a jílovité hlíně písčité s obsahem štěrku. Jsou značně stlačitelné, objemově nestálé a málo únosné, nebezpečně až vysoce namrzavé. Místy mají větší obsah organických látek (humusu). Jako základová půda jsou proto nevhodné.

K deluviofluviálním sedimentům počítáme i materiál dejekčních kuželů při vyústění strží na povrch údolní nivy. Rozsáhlejší kužele se vytvořily s. od Libčic n. Vltavou, zejména při vyústění Máslovického potoka a Zdibského potoka nad Klecánky. V Dolu na zahradě Výzkumného ústavu včelařského byla ověřena mocnost kužele 13 m. Drobnější kužele byly zaznamenány v údolí Únětického potoka.

Sedimenty dejekčních kuželů se vyznačují variabilním zrnitostním složením a častým střídáním vrstviček propustných a méně propustných zemin.

### Sedimenty fluviální

#### Terasové uložení

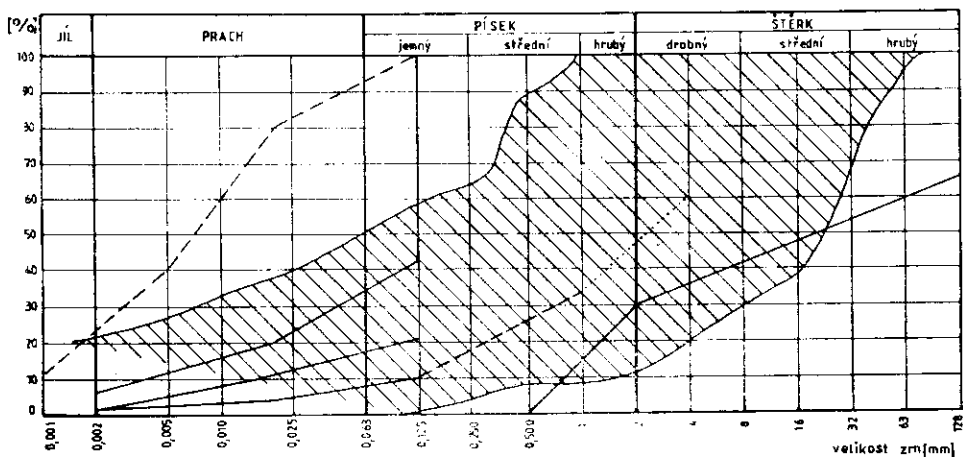
Vytvářejí sedm hlavních terasových akumulací, časově zařazovaných od nejstaršího pleistocénu (donau 1) do würmu (Záruba - Bucha - Ložek 1977). Akumulace starší než würm jsou z větší části zakryty sprašemi, würmské holocenními náplavy. Největšího rozšíření dosahují nejvyšší terasové stupně (donau), kdy Vltava vytvářela široké a ploché

údolí, mělce zařízlé do zarovnaného povrchu. Po uložení nejstarších teras se Vltava začala intenzivně zahlubovat a svou erozní činností vytvářet dnešní údolí.

Terasy nejstaršího pleistocénu (donau) pokrývají rozsáhlé plochy mezi Klecany, Větrušicemi, Máslovicemi, Vodochody, Panenskými Břežany a Klíčany. Z větší části jsou kryty sprašemi o mocnosti 2—5 m. Na povrch vycházejí sz. od Klíčan a s. od Vodochod. Báze štěrků se pohybuje v rozmezí 268—270 m. Maximální mocnost pod 4 m spraší byla zjištěna 500 m z. od Zdibská — 19 m. Severně od Vodochod činí 8—9 m, mezi Větrušicemi, Klecany a Klíčany kolem 13 m. Rozsáhlá terasová plošina se prostírá v oblasti bohnického sídliště s nadm. výškou 265—270 m. Maximální mocnosti štěrků a písků se pohybují v rozmezí 10—14 m. Na levém vltavském břehu pokrývají štěrky a písky této nejstarší akumulace plošinu mezi Výhledy, Novým Suchdolem a j. od Roztok. Menší plochy pokrývají v podloží spraší j. od Žalova a jv. od Debrna. Mocnost terasových uloženin při z. okraji Výhledů se pohybuje mezi 8—15 m.

Relikty staropleistocenních teras (günz) se zachovaly na levém vltavském břehu v oblasti Roztok v podloží spraší, u Žalova a j. od Libčic n. Vltavou. Na pravém břehu přísluší k této terase nejvýše položené štěrky a písky v jádře meandru v Řeži.

Písky a štěrky mindelského a risského stáří sledují v malých reliktech dnešní tok Vltavy (j. od vyústění Únětického potoka, Roztoky, Levý Hradec, Žalov, Řež, z. od Máslovic). Většinou jsou mocné do 5 m. V chýnovské pískovně v jádře bývalého vltavského meandru je terasa těžena v průměrné mocnosti 16—17 m.



11. Obalové křivky zrnitosti fluvialních sedimentů (terasové stupně riss—donau) — 92 rozborů

Nejmladší (würmské) štěrky a písky tvoří výplň dnešního údolí především v jesepech meandrů (Zámky, Roztoky, Řež, Letky, Libčice n. Vltavou). Z větší části jsou překryty nivními hlínami. Povrch štěrků je zpravidla v úrovni hladiny Vltavy. Jejich mocnost byla zjištěna v prostoru s. p. Penicilin v Roztokách 14—15 m, v Libčicích n. Vltavou ssz. od železniční zastávky 12 m, aniž bylo dosaženo předkvartérního podkladu. Na levém vltavském břehu proti vyústění Dražanské rokly je mocnost štěrků a písků 13—14 m.

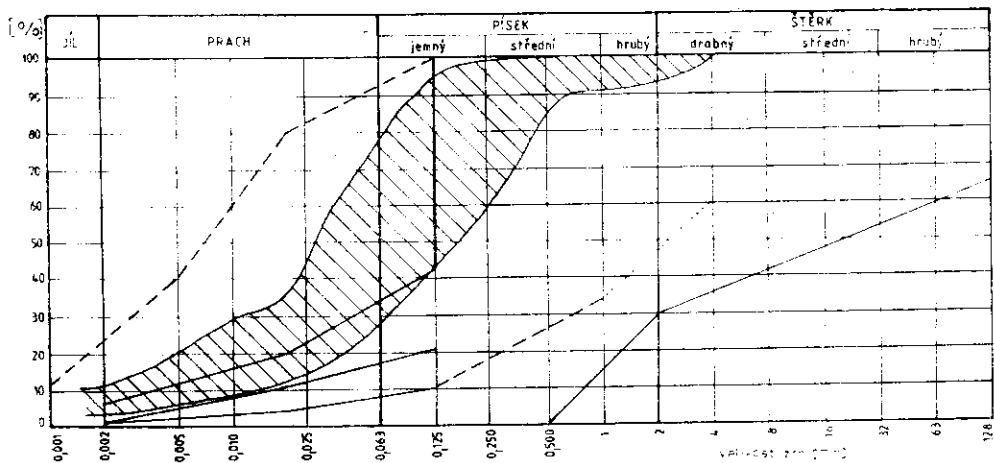
Litologicky jsou terasové sedimenty tvořeny středně až hrubě zrnitými písky, místy s vložkami jemnozrnných písků, které se nepravidelně střídají s jílovitými a písčitými štěrky. Tyto jsou složeny z dobře opracovaných valounů o velikosti obvykle do 10 cm. Na bázi teras vystupují hrubé štěrky a balvany. U nejvyšších teras bylo možno sledovat rozdílné sedimentační poměry. Tak např. v širším okolí Větrušic převažují v terasovém materiálu písčité drobné štěrky, místy zahliněné. Západně a jz. od Panenských Břežan, j. od Klíčan, v. od Drastů, a z. od Zdíbska byly ve vrtech zastíženy vložky jílu v mocnosti od několika decimetrů až do 2 m. Obdobně se vyskytují hlinitojílovité vložky o mocnosti do 2 m v terasových písčích a štěrcích na Z od Výhledů v Suchdole. Podél j. a jv. úpatí Kozích hřbetů byly v terasovém materiálu navrtány ostrohranné hlinitokamenité soliflukční sutě.

Terasové sedimenty představují vhodné, dostatečně únosné, většinou stejnorodé a málo stlačitelné základové půdy. Jsou dobře propustné a rozpojitelné. V uloženinách vyšších terasových akumulací se podzemní voda hromadí při jejich bázi v nadloží relativně nepropustných hornin proteozoika a křídly. Uloženy údolní terasy jsou zpravidla zvodněné v celé své mocnosti. Při zakládání je zde třeba počítat s nepříznivými hydrogeologickými podmínkami (velké přítoky do stavebních jam, nebezpečí průvalů, agresivita vod).

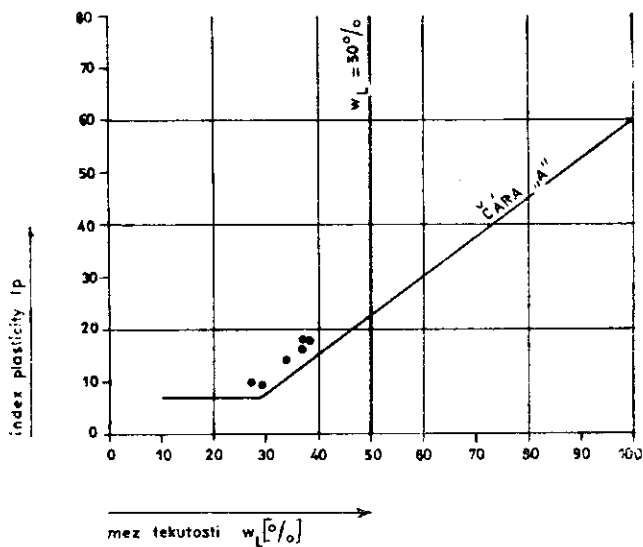
#### Holocenní náplavy {nivní sedimenty}

Pokrývají téměř celý povrch würmské terasové akumulace a vyplňují údolní nivy vltavských přítoků. V jejich složení převažují jílovité a písčité hlíny měkké až tuhé konzistence. Při bázi v nich bývají polohy hlinitých a jílovitých písků a štěrků. Náplavy v údolích jsou často zrnitostně značně variabilní; někdy obsahují i vložky jílu a bahna, jindy mají hojnou klastickou příměs (např. úseky Dražanského, Máslovického a Podmoraňského potoka).

Mocnosti holocenních náplavů se pohybují převážně mezi 2—5 m. V nivě Únětického potoka u Trojanova mlýna jsou mocné kolem 11 m. Ve vrtu



12. Obalové křivky zrnitosti holocenních (nivních) náplavů (11 rozborů)



13. Diagram plasticity holocenních (nivních) náplavů (7 rozborů)

ÚČG zde byly zastiženy polohy humózních kalových hlín (mudda), slatin a pěnvcových inkrustací.

Holocenní náplavy jsou málo únosné, zpravidla nestejnoroďé a silně stlačitelné (zejména tam, kde obsahují vložky hnilokalů), objemově nestálé a namrzavé. Hladina podzemní vody se pohybuje v náplavech mělce pod povrchem, který bývá místy silně zamokřen. Následkem úprav ko-ryt, případně zvýšením terénu navážkami, leží často v hloubce kolem 2 m.



## Sedimenty antropogenní

Jsou tvořeny jednak navážkami zemin vzniklými při stavební nebo těžební činnosti (Bohnice, Kobylisy, Horní Chabry, Klecany), jednak zavážkami starých hlinišť, pískoven a lomů stavebním a komunálním odpadem. Na celém území je v současné době řízená skládka v Libčicích n. Vltavou-Letskách při silnici do Turska. Jejím provozovatelem je JZD Rudá záře, Velké Přílepy. Stavebním a komunálním odpadem je zde zaváženo bývalé hliniště. S ukládáním odpadů postupuje rekultivace povrchu skládky.

Severozápadně od Libčic n. Vltavou jsou v odkališti sedimentovány kaly ze s. p. Šroubárny v Libčicích n. Vltavou. Smutným zjevem jsou četné divoké skládky domovních odpadků ve starých buližnickových lomech mezi Horoměřicemi a Kozími hřbety [chráněné území] a sz. od Baště. Rekultivace skládek byla provedena v zavezených těžebnách (pískovny, hliniště) v Libčicích n. Vltavou-Letskách a v bývalých těžebnách slévárenských a stavebních písků v prostoru Kobylis a Horních Chaber.

Navážky stavebního odpadu nebo skrývky (u klecanského lomu) představují značně nestejnorodé, málo ulehle a nestejněmálně stlačitelné základové půdy.

## Přehled hydrogeologických poměrů

V zájmovém území lze vymežit tři hlavní hydrogeologické celky:

- komplex proterozoických drob, prachovců, břidlic a bazaltů (spilitů) s minimální puklinovou propustností,
- křídové sedimenty s variabilní puklinovou a slabou průlinovou propustností,
- pliocenní a kvartérní fluvialní písky a štěrky s dobrou průlinovou propustností.

Proterozoické horniny jsou zpravidla značně rozpukané; pukliny zasahují dosti hluboko, jsou však obvykle sepnuté nebo zatěsněné jílovitými produkty zvětrávání. Jako celek to jsou horniny na podzemní vody značně chudé. Určité soustředění oběhu a akumulace podzemních vod nastává za příznivých okolností na tektonických liniích, především na jejich křížení. Podzemní voda obíhá převážně v zóně povrchového rozpojení hornin puklinami a navětráním. Intenzita zvodnění této zóny je vedle dalších faktorů (srážek) závislá na charakteru nadložních křídových sedimentů a kvartérních pokryvů. Ty nadržují prosáklé srážkové vody a umožňují trvalejší napájení puklinových podzemních vod. Puklinové vody proterozoika jsou odvodňovány především do místních erozních bází, které jsou v území většinou hluboce zařízlé.

Tabulka 4

Fyzikální mechanické vlastnosti zemín kvarténních pokryvných útvarů

druh zkoušky	sedimenty eolické — spraše					sedimenty deluvialní						
	min	max	n	$\bar{x}$	$\sigma$	V	min	max	n	$\bar{x}$	$\sigma$	V
plastičita												
mez tekutosti $w_L$ [%]	26	71,5	137	38,79	6,81	17,55	32	58,7	11	42,7	7,98	18,68
mez vláčnosti $w_p$ [%]	16	36,2	137	21,22	2,74	12,91	15	24,9	11	20,05	3,35	16,70
číslo plasticity $I_p$	8	47	137	17,60	5,75	32,67	13	37,1	11	22,65	6,45	28,47
přirozená vlhkost	9,07	29,61	137	19,72	3,44	17,44	11,7	26,8	11	18,7	26,8	20
objemová $w_o$ [%]	17	43,33	96	32,66	4,45	13,62	23	36,8	8	30,12	4,01	13,31
číslo konzistence $I_c$	0,55	1,50	56	1,09	0,19	17,62	0,52	1,7	9	1,14	0,29	25,43
měrná hmotnost $\rho_s$ [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]	2 438	2 746	125	2 647,34	57,05	2,15	2 629	2 740	9	2 693,37	37,54	1,39
objemová suché $\rho_d$ [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]	1 366	2 040	131	1 626,53	96,06	5,90	1 570	2 000	10	1 723,6	113,63	6,59
hmotnost přiř. vlhké $\rho_n$ [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]	1 632	2 233	131	1 939,44	93,02	4,79	1 860	2 230	10	2 033,2	98,73	4,85
pórovitost $n$ [%]	31,36	47,6	100	39,01	3,48	8,92	26	42,5	9	35,56	4,42	12,42
stupeň nasycení $S_r$ [%]	37,53	100	100	81,67	13,30	16,28	68	107,1	9	87,46	10,54	12,05
obsah uhličitánů [%]	0,0	33,2	82	10,14	6,66	65,68	0,0	3,7	8	1,06		
obsah organických látek [%]	0,0	12,8	60	2,37	2,26	95,35	0,9	9,1	8	3,68		
pro stupně zátížení [kPa]												
oedometr. modul pře-tvárnosti $M_o$ [MPa]	22,5	367,4	63	89,30	59,43	68,55	44	76	4			
	28	150	72	71,18	26,48	37,20	54	116	5			
	17,01	145	56	71,65	35,24	49,18	82	143	4			
	14,38	168	45	84,56	46,13	54,55						
	47	129	13	72,22	25,43	35,21						

Tabulka 5

Fyzikálně mechanické vlastnosti zemín kvartérních pokrývných útvarů

druh zkoušky	sedimenty deluviofluvialní						holocenní náplavy						
	min	max	n	$\bar{x}$	$\sigma$	V	min	max	n	$\bar{x}$	$\sigma$	V	
plastická	mez tekutosti $w_L$ [%]	30	52,7	15	37,42	7,46	19,93	27	38	7	33,79	3,83	11,33
	mez vláčnosti $w_p$ [%]	15	27,9	15	20,58	3,37	16,37	17	21	7	19,51	1,17	5,99
	číslo plasticity $I_p$	8	26	15	16,84	5,87	34,85	9,9	18	7	14,27	3,12	21,86
přirozená vlhkost	třbová $w_n$ [%]	6	36,8	16	19,13	7,58	39,62	6,7	24	9	19,9	5,62	28,24
	objemová $w_o$ [%]	10	40,8	8	30,13	8,84	29,33	10,6	32,2	3	21,33	8,86	41,53
číslo konzistence $I_c$		1,06	2,1	12	1,29	0,47	36,43						
měrná hmotnost $\rho_s$ [kg/m <sup>3</sup> ]		2 660	2 728	8	2 699	24,82	0,92	2 608	2 730	8	2 665	44,24	1,66
objemová hmotnost zeminy	suché $\rho_d$ [kg/m <sup>3</sup> ]	1 383	1 950	10	1 706,2	161,71	9,47	1 424	1 841	11	1 656,18	118,72	7,17
	přir. vlhké $\rho_n$ [kg/m <sup>3</sup> ]	1 757	2 179	9	1 998,11	120,92	6,05	1 670	2 139	11	1 980,55	148,41	7,49
pórovitost $n$ [%]		24,9	48,2	9	36,22	7,05	19,46	32,6	42,5	9	37,66	3,02	8,02
stupeň nasycení $S_r$ [%]		36	94,5	8	72,81	16,36	22,53	0,25	99,5	9	85,93	30,79	35,83
obsah uhlíkatů [%]		0,0	18,8	9									
obsah organických látek [%]		1,0	4,0	9	2,44	1,1	45,08	0,17	1,34	8	0,86	0,41	47,67
oedometr. modul přetvárnosti $M_o$ [MPa]	pro stupně zatížení [kPa]												
	50--100	21,5	46	3				42	337	10	94,71	81,9	86,47
	100--200	33,5	68	3				42,4	162	10	78,33	32,02	40,88
	200--300							34,8	172	10	95,41	36,11	37,85
300--400							78	180	8	122,50	35,68	29,13	

Tabulka 6

Fyzikálně mechanické vlastnosti zemin kvartérních pokryvných útvarů

druh zkoušky		jílové vložky v terasových sedimentech					
		min	max	n	$\bar{x}$	$\sigma$	V
plasticita	mez tekutosti $w_L$ [%]	26,7	44	15	32,62	4,91	15,05
	mez vláčnosti $w_p$ [%]	14,7	22	14	17,58	2,0	11,37
	číslo plasticity $I_p$	11	22	14	15,46	3,14	20,31
přirozená vlhkost	tíhová $w_n$ [%]	2,5	23,2	32	9,85	6,14	62,33
	objemová $w_o$ [%]	4,0	33	12	12,41	7,71	62,12
číslo konzistence $I_c$		0,77	1,19	8	1,14	0,33	28,94
měrná hmotnost $\rho_s$ [kg/m <sup>3</sup> ]		2 630	2 760	13	2 669,85	36,56	1,37
objemová hmotnost zeminy	suché $\rho_d$ [kg/m <sup>3</sup> ]	1 690	1 992	12	1 825,75	94,98	5,20
	přir. vlhké $\rho_n$ [kg/m <sup>3</sup> ]	1 786	2 072	12	1 950,33	81,38	4,17
pórovitost $n$ [%]		26,4	36,5	11	30,58	2,82	9,22
stupeň nasycení $S_r$ [%]		15,1	85	11	36,29	19,62	54,06
obsah uhličitánů [%]		0,0	12,0	17			
obsah organických látek [%]		0,0	3,6	18			
oedometr. modul přetvárnosti $M_o$ [MPa]	pro stupně zatížení (kPa)						
	50—100	39,9	120	4			
	100—200	58	215	4			
	200—300	74	141	3			

Vydatnost studní se pohybuje převážně v setinách a desetínách l. s<sup>-1</sup>. Tak např. při čerpacím pokusu ve vrtu v Libčicích nad Vltavou na koupališti (sine 1976) byla vydatnost pouze 0,016 l. s<sup>-1</sup> při snížení hladiny o 3 m. Při snížení o 9 m činila jen 0,1 l. s<sup>-1</sup>. Voda vykazala síranovou agresivitu. Při hydrogeologickém průzkumu pro bytové jednotky v Libčicích n. Vltavou byla vydatnost 0,3 l. s<sup>-1</sup> při snížení o 7,6 m a o 18,5 m (Šula 1966), j. od Ůholiček při silnici do Ůnětic dosáhla vydatnost pouze 0,02 l. s<sup>-1</sup>. Voda jevíla kyselostní a síranovou agresivitu. Podzemní vody z prostředí proterozoických hornin jsou převážně tvrdé, s kyselostní a uhličitou agresivitou na beton.

Silicity (bulizníky) jsou pro vodu nepropustné, pukliny v nich byly většinou vyhojeny nově vytvořeným křemenem. Podzemní voda se vyskytuje jen na ojedinělých otevřených puklinách. Vzhledem ke své pozici a malému rozsahu jsou silicity hydrogeologicky bezvýznamné.

Poněkud větší zvodnění vykazují křídové pískovce a písčité slínovce (opuky). V oblasti písčitých slínovců vydatnosti značně kolísaly; ve vrtech v. od Hoštic byly kolem  $3 \text{ l. s}^{-1}$ , s. od Klíčan  $0,4 \text{ l. s}^{-1}$ , jv. od Větrušic  $0,2\text{--}0,4 \text{ l. s}^{-1}$ .

Dobře propustné jsou neogenní fluviolakustrinní písky a písčité štěrky zdíbského stadia. Oběh podzemní vody omezují jílovité polohy nebo jílovitá příměs.

Z kvartérních sedimentů jsou hydrogeologicky nejvýznamnější zvodně ve fluviálních písčitých a štěrkových terasových sedimentech. Zatímco u vyšších teras bývají zvodněné jen bazální polohy nebo jejich části, uloženiny nejmladší terasy jsou zvodněné téměř v celé mocnosti a vydatnosti dosahují až několika  $\text{l. s}^{-1}$ ; např. v prostoru s. p. Šroubárny v Libčicích n. Vltavou se vydatnosti pohybovaly od  $9,5$  do  $15 \text{ l. s}^{-1}$  při snížení hladiny o  $1\text{--}2 \text{ m}$  (Š e d i v ý 1973). U železniční zastávky Roztoky-Žalov byla vydatnost  $6 \text{ l. s}^{-1}$  (K ů s t 1957) a v prostoru s. p. Penicilin v Roztokách  $4\text{--}6 \text{ l. s}^{-1}$  (při snížení hladiny o  $3,5\text{--}4,8 \text{ m}$ ). Vody vykazují většinou síranovou agresivitu. Velká vydatnost je negativním faktorem při snižování hladiny podzemní vody ve stavebních jámách. Při čerpání většího množství vody vyvstává totiž nebezpečí vyplavování jemnozrnnějších frakcí ze stěn a ze dna jámy a tím nebezpečí porušení stability území. V holocenních náplavech potoků kolísá vydatnost zvodní v závislosti na zrnitostním složení sedimentů.

Ve splachových depresích s výplní deluviofluviálních sedimentů hladina mělké podzemní vody zpravidla značně kolísá. Ve vlhkých obdobích (při jarním tání nebo dlouhotrvajících deštích) se často udržuje již v malé hloubce pod terénem (do  $1 \text{ m}$ ). V suchých obdobích jsou deluviofluviální sedimenty zcela bezvodé.

V eolických a deluviálních sedimentech se vytvářejí jen ojedinělé a dočasné zvodně na málo propustných polohách.

### Závěrečné poznámky

Při podrobném inženýrskogeologickém hodnocení zájmového území byly vyčleněny litologické soubory (komplexy) hornin a zemin s obdobnými geotechnickými vlastnostmi. Jsou v nich zahrnuty všechny petrografické a litologické typy hornin od proterozoika do nejmladšího kvartéru.

V reliéfu území převládají tvary plošinné (denudační, strukturní a akumulační plošiny) a mírné denudační a akumulační svahy. Jsou rozčleněny hluboce zařízlým epigenetickým údolím Vltavy a jejích přítoků. Území není postiženo významnějšími současnými geodynamickými procesy (rozsáhlé sesuvné pohyby apod.). Z hlediska zakládání pozemních staveb ho lze charakterizovat jako podmínečně vhodné (litologická pestrost hor-

nin předkvartérního podkladu a jejich nerovnoměrné zvětrávání, sprašové akumulace aj.). Příkré svahy hlubokých erozních údolí a niva Vltavy jsou pro zástavbu nevhodné (velká svažitosť, nepříznivé hydrogeologické poměry). Část plochy zaujímají chráněná území s geologickými, botanickými i historickými objekty — Kozí hřbety, Tiché údolí, Roztoký háj, Sedlecké skály, Levý Hradec-Žalov, Zámky, Bohnické údolí, Čimické údolí, Podhoří, Klecanský háj, Větrušice. Oblasti plošin jsou využívány k zemědělské výrobě, která zde má základ v hodnotných půdách na rozsáhlých sprašových pokryvech. Těžba nerostných surovin se v současné době omezuje jen na stavební písky a šterky (Libčice n. Vltavou-Chýnov), cihlářské hlíny (Libčice n. Vltavou-Letky) a kamenivo (Klecany). V oblasti Kobylis a Horních Chaber byly dříve těženy slévárenské písky. Intenzivnější exploataci nerudných surovin v minulosti připomíná řada opuštěných lomů zejména ve vltavském údolí, četné pískovny a hlinišťe.

Dosavadní výstavba větších průmyslových objektů se soustřeďovala do vltavského údolí v oblasti Roztok (Penicilin, s. p.), Řeže (Ústav jaderného výzkumu) a Libčic n. Vltavou (Šroubárna, s. p.). Hlavním důvodem byla komunikační dostupnost po železnici Praha—Kralupy n. Vltavou a dostatek potřebných vodních zdrojů z údolní terasy Vltavy a z koryta řeky. V současné době je zde stávající výstavba rozšiřována. V souvislosti s rozvojem bytové výstavby pražské aglomerace vznikla nová sídliště v Bohnicích, Čimicích, Dáblicích a Suchdole. V ostatních obcích jde zatím jen o rozptýlenou bytovou a zemědělskou výstavbu odpovídající běžným pozemním stavbám. Na svahy vltavských přítoků a zčásti i do vltavského údolí je koncentrována rozsáhlá rekreační chatová výstavba (Brnky, Holosmetky, Drahanské údolí, Klecánky, Řež, Suchdol, Horoměřice aj.).

Výsledky provedeného inženýrskogeologického mapování a výzkumu mají podat soubor zásadních informací širokému okruhu pracovníků, kteří se zabývají sestavováním plánovací dokumentace velkých územních celků a sídelních útvarů v Pražské aglomeraci.

*K tisku doporučil K. Němeček*

### Literatura

- Balátka, B. - Michovská, J. - Sládek, J. (1959): Podrobná geomorfologická mapa území na sever od Prahy. — Sbor. Čs. Společ. zeměp., 64, 4, 289—302. Praha.
- Czudek, T. et al. (1972): Geomorfologické členění ČSR. — Stud. geogr., 23, 137. Praha.
- Dvořák, A. (1975): Inženýrskogeologické podmínky při stavbě pražského metra. — Učební texty Vysoké školy dopravní, Žilina.

- Hudek, J. (1979): Geotechnické vlastnosti hornin. In: Praha a inženýrská geologie. — Čs. vědeckotechnická společnost stavební a Projektový ústav dopravních a inženýrských staveb. Praha.
- Kodým, O. - Matějka, A. (1920): Geologicko-morfologický příspěvek k poznání štěrků a vývoje říčních toků ve středních Čechách. — Sbor. Čes. Společ. zeměvěd., 26, 17—32, 97—113. Praha.
- Králová, Z. (1972): Průvodní zpráva k podrobné inženýrskogeologické mapě 1:5 000, list Kralupy nad Vltavou 5-8. — MS Geofond. Praha.
- Krausová, J. (1975): Průvodní zpráva k podrobné inženýrskogeologické mapě 1:5 000, list Kralupy nad Vltavou 8-8. — MS Geofond. Praha.
- Kunc, K. - Majer, J. (1961): Geomorfologie údolí malých přítoků Vltavy na sever od Prahy. — Sbor. Čs. Společ. zeměp., 66, 4, 305—325. Praha.
- Kůst, J. (1957): Zpráva o čerpacím pokusu v Žalově. — MS Geofond. Praha.
- Lochmann, Z. (1966): Závěrečná zpráva o urbanisticko-geologickém průzkumu Libčic nad Vltavou. — MS Geofond. Praha.
- (1984): Zpráva k inženýrskogeologické mapě 1:25 000, list 12-421 Roztoky. — MS Geofond. Praha.
- Mašek, J. - Zoubek, J. (1980): Návrh vymezení a označování hlavních stratigrafických jednotek barrandienského proterozoika. — Věst. Ústř. úst. geol., 55, 2, 121—123. Praha.
- Matějka, A. (1922): Výsledky hlubinného vrtání severně od Kobyliš u Prahy. — Čas. Nár. Muz., 96, 87—88. Praha.
- Nemčok, A. - Pašek, J. - Rybář, J. (1974): Dělení svahových pohybů. — Sbor. geol. Věd, Hydrogeol., inž. Geol., 11, 77—97. Praha.
- Pacák, K. (1975): Průvodní zpráva k podrobné inženýrskogeologické mapě 1:5 000, list Kralupy nad Vltavou 6—8. — MS Geofond. Praha.
- Straka, J. et al. (1983): Vysvětlivky k základní geologické mapě ČSSR 1:25 000, list 12-241 Roztoky. — MS Ústř. úst. geol. Praha.
- Šarf, R. (1974): Průvodní zpráva k podrobné inženýrskogeologické mapě 1:5 000, list Kralupy nad Vltavou 7-8. — MS Geofond. Praha.
- Šedivý, V. (1973): Libčice nad Vltavou — hydrogeologický průzkum. — MS Geofond. Praha.
- Šimek, R. (1978): Průvodní zpráva k podrobné inženýrskogeologické mapě 1:5 000, list Kralupy nad Vltavou 6-9. — MS Geofond. Praha.
- Šula, S. (1966): Zpráva o hydrogeologickém průzkumu pro bytové jednotky v Libčicích nad Vltavou. — MS Geofond. Praha.
- Vohanka, L. (1956): Průzkum slévarenských písků 1956 — Kobylišy. — MS Geofond. Praha.
- Záruba, Q. (1955): Pleistocenní kamenné moře na severním svahu Kozích hřbetů. — Anthropozoikum, 5, 183—184. Praha.
- Záruba-Pfeffermann, Q. (1942): Podélný profil vltavskými terasami mezi Kamýskem a Veltrusy. — Rozpr. Čes. Akad. Věd Umění, Tř. II, 52, 9. Praha.
- (1943): Vltavské údolní meandry u Libčic. — Věst. Král. Čes. Společ. Nauk, Tř. mat.-přirodověd., 9. Praha.
- Záruba, Q. - Bucha, V. - Ložek, V. (1977): Significance of the Vltava terrace system for Quaternary chronostratigraphy. — Rozpr. Čs. Akad. Věd, Ř. mat. příř. Věd, 87, 4, 89. Praha.
- Zoubek, J. et al. (1977): Vysvětlivky k základní geologické mapě ČSSR 1:25 000, list 12-241 Roztoky. — MS Ústř. úst. geol. Praha.
- Žebera, K. - Mikula, J. (1982): Říp — hora v jezeru. — Panorama, Praha.

- sine [1970]: Prováděcí předpisy k pokynu č. 1 předsedy ČGÚ o inženýrskogeologickém mapování ze dne 16. března 1970. — Český geologický úřad, Praha.
- [1976]: Vyhodnocení hydrogeologicko-průzkumných prací v Libčicích nad Vltavou (koupaliště). — MS Vodní zdroje, Geofond, Praha.
- ČSN 72 1001 [1970]: Pojmenování a popis hornin.
- ČSN 73 1001 [1988]: Základová půda pod plošnými základy.
- ČSN 73 1215 [1984]: Betónové konstrukcie. (Klasifikácia agresívnych prostredí.)
- ČSN 73 3050 [1987]: Zemné práce.
- ÚN 73 7010 [1961]: Tunely a jiné podzemní stavby.



## **Engineering geological conditions of the territory between Prague, Libčice nad Vltavou, and Panenské Břežany**

*(Summary of the Czech text)*

Zdeněk Lochmann

Received September 5, 1988

In the framework of regional engineering geological study of the region of the Prague agglomeration, engineering geological mapping of the territory N of Prague at 1 : 25,000 scale was accomplished.

The pre-Quaternary basement of the SW part of the territory is made up of low-grade regionally metamorphosed sedimentogenic and volcanogenic Upper Proterozoic rocks (greywackes, siltstones, shales, silicites, and basalts). Paleozoic in age are the granitoid body near Hoštice and the granitoids of the dyke suite. The N and NE parts of the territory are covered by Cretaceous sediments. Between Kobylisy, Zdiby, and Sedlec occur Pliocene fluviolacustrine sand and sandy gravels. The most widespread Quaternary sediments are loesses and terrace deposits.

The surface of the territory is flat or only gently undulated. The epigenetic valley of the Vltava and of its tributaries has been deeply cut into this surface. The height of the outer banks currently attains 100 m and more (Podmoráň, Větrušice). The present relief is the result of a complicated geomorphological evolution (Balatka - Michovská - Sládek 1959, Záruba 1942, 1943). The territory was influenced by accumulation and erosion caused by the Vltava in the Pliocene and Quaternary; during this epoch, gravels and sands were gradually deposited on extensive areas.

In the Pliocene, the fluviolacustrine sands and gravels of the so-called Zdiby stage were laid down between Kobylisy, Zdiby, and Sedlec. In the earliest Pleistocene, when the Vltava valley attained the width of several kilometres, the gravels and sands of the Lysolaje and Suchdol terraces were laid down. After that, the Vltava began to cut through the rests of the Cretaceous deposits into the more resistant Late Proterozoic rocks to form the present narrow and deep valley. Loess was deposited on the extensive plains composed of Pliocene terrace gravels and sands in the

Würm. In the latest Pleistocene and Holocene, colluvial and colluvio-fluvial and flood-plain sediments were deposited.

Geodynamic phenomena. The Cretaceous slopes at the locality "Na Bečkově" NNE of Sedlec are disturbed by small planar landslides. The debris slide area is ca. 0.04 km<sup>2</sup>. The sliding is due to climate. The infiltrating precipitation water has resulted in a phreatic water body at the base of the sandy gravels which cover the plain above the slopes. This groundwater body is drained by hidden springs into the lower-lying colluvial and marlstone eluvia. During humid periods, the slope soil becomes saturated and begins to move.

Numerous 3—15 m deep ravines have been formed on the slopes of the Vltava valley. They are branched as a rule. They are flow through periodically or have a constant stream. Dejection cones have often been formed at their mouth.

Influenced by periglacial climate, the surface of the silicite monadnocks was gradually desintegrated; in their vicinity, boulder fields have been formed in places, which grade into boulder and debris flows on steep slopes (Stříbrník — el. point 311 near Úholičky, Kozí hřbety, Řivnáč, etc.).

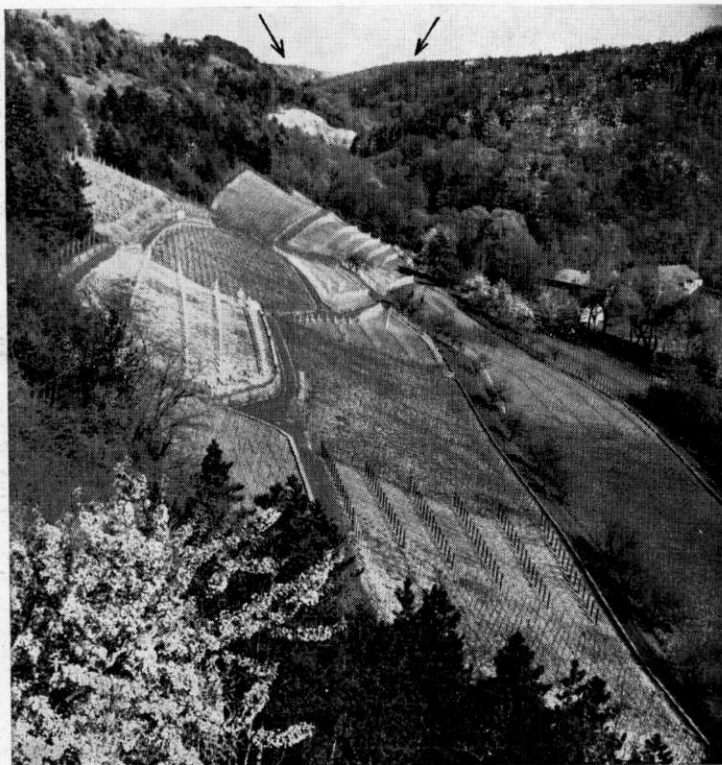
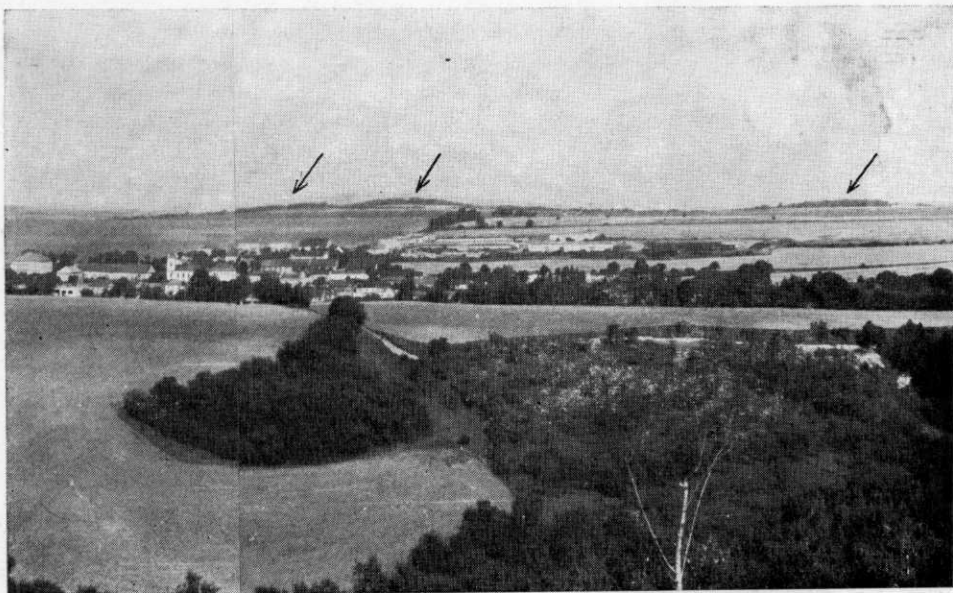
The geological setting of the whole territory is varied. Consequently, lithologic complexes were delimited for engineering geological purposes. They include rocks and soils having analogous geotechnical properties. The values of the geomechanical properties of the solid rocks of the pre-Quaternary basement are in table 1. For the soils of the eluvial mantles and covering formations the values of geomechanical properties based on 2,782 analyses excerpted from available documentation are indicated. Tables 2 through 6 show minimum and maximum values of geotechnical parameters only and no dependence in the vertical direction.

The Proterozoic rock complex includes siltstones, shales, graywackes, and silicites. Massive greywackes prevail which, being more resistant against erosion, form extensive rock outcrops. During foundation work in these rocks it is necessary to take account of their different strength, tectonic disturbance and irregular weathering. On the planes of moderate slopes they have often been affected by fossil weathering attaining the depth of 2—10 m. The products of fossil weathering are manycoloured clayey-sandy loams having a stiff to firm consistency. They are shrinkable, swelling, and compressible, dangerously to highly susceptible to frost. The silicites (lydites), forming isolated monadnocks or whole ridges, are very resistant to weathering. Characteristic are boulder or block desintegration and forming of boulder fields. The basalts (spilites) that form an extensive body near Libčice nad Vltavou and Důl are firm,



1. Epigenetické údolí Vltavy zařizlé v proterozoických bazaltech (spilitech) u Libčic n. Vltavou
2. Údolí Vltavy v libčickém meandru. V pozadí 100 m vysoký nárazový břeh pod Větrušicemi. Terasy v jesešní části meandru jsou překryty sprašemi. Na nejmladší údolní terase je koncentrována průmyslová výstavba (Šroubárny, s. p.)

Foto J. Rubín



1. Denudační reliéf mezi Úněticemi (obec uprostřed) a údolím Vltavy. Nad úroveň nejvyšších plošin vyčnívají silicitové (bulžňákové) suky [označeno šipkami]

Foto Z. Lochmann

2. Údolí Máslovického potoka v Dolu založené v proterozoických drobách a bazaltech (spilitech). V pozadí okraje křídové plošiny s pokryvem terasových štěrků a spraše [viz šipky]. Na j. osluněném svahu vinice

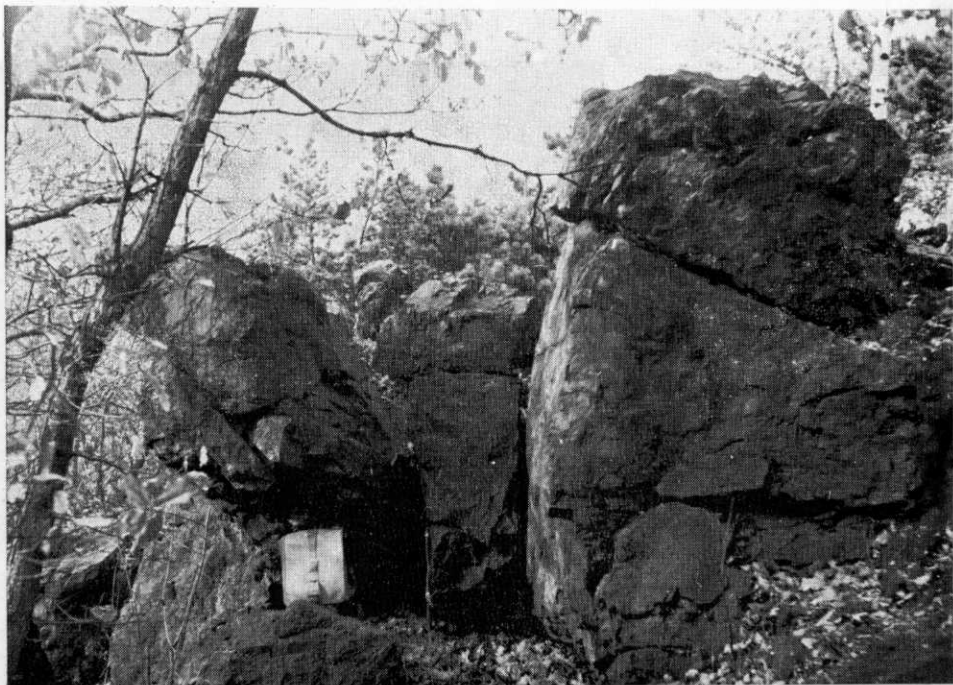
Foto J. Rubín



1. Zvlněný povrch mělkého  
planárního sesuvu „Na  
Beckově“ s. od Sedlce  
(stav k XII. 1983)



2. Spodní část strže v le-  
vém údolním svahu Más-  
lovického potoka v Dolu  
Foto Z. Lochmann



1. Začátek Kozích hřbetů při silnici Suchdol—Černý Vůl
2. Blokový rozpad silicitu (buližniku) na Kozích hřbetech sz. od Suchdola

Foto Z. Lochmann

1. Bloky silicitu rozvlečené na sz. svahu Kozích hřbetů



2. Dezintegrace silicitového masívu na Stříbrníku (kóta 311 m) v nárazovém břehu podmoráňského meandru  
Foto Z. Lochmann



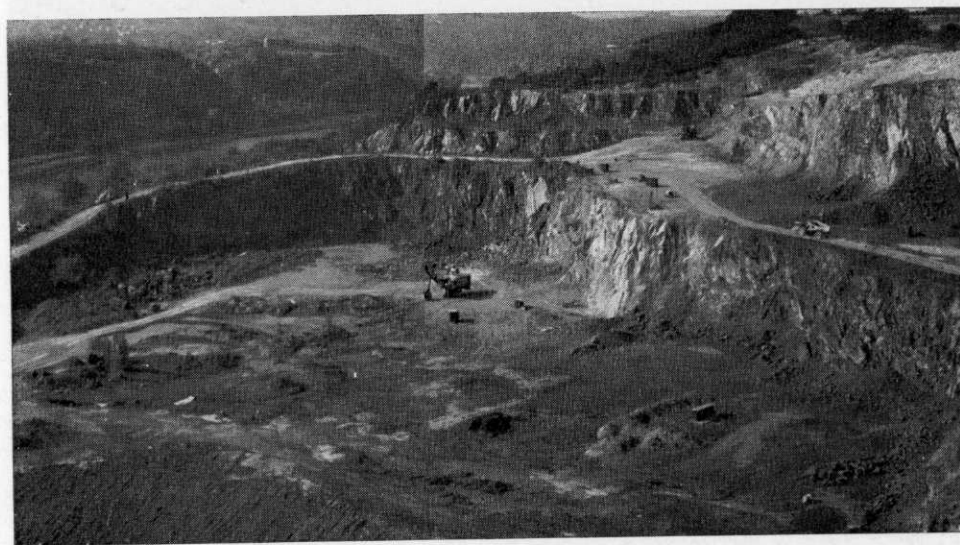
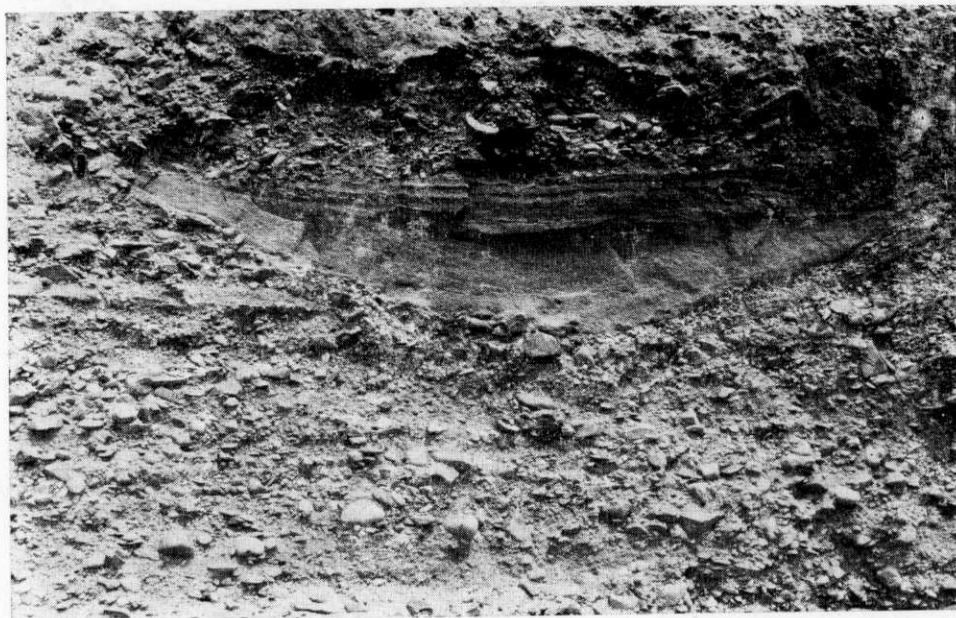


1. Část balvanového proudu na s. svahu Stříbrníku (kóta 311 m) u Podmoraně

2. Stěna pískovny v Libčicích n. Vltavou-Chýnově. V desetimetrové mocnosti jsou těženy písky a písčité šterky vinohradské terasy. Převažuje vrstvení horizontální. V nadloží dvoumetrová poloha spraše

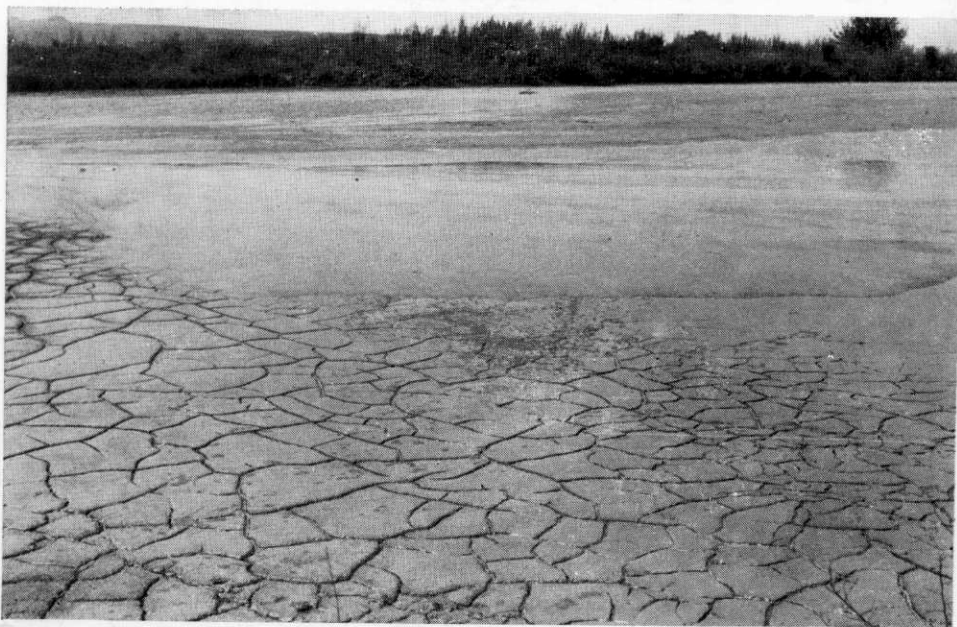
Foto Z. Lochmann





1. Detail ze stěny pískovny v Libčicích n. Vltavou-Chýnově. Čočka jemnozrnného písku v hrubozrnném písčitém šterku. Vedle dokonalých valounů o průměru až 10 cm se vyskytují poloopracované úlomky hornin
2. Etážový lom na pravém vltavském břehu mezi Klecany a Husincem. Těží se kontaktně metamorfované droby s žilkami křemenného dioritového porfyritu k výrobě šterku a štetu, drtí a makadamu. Na protějším břehu terasové plošiny u Levého Hradce

Foto Z. Lochmann



1. Řízená skládka v Libčičích n. Vitavou-Letkách. Stavebním a komunálním odpadem je zavážen prostor bývalého hliště. Současně s ukládáním odpadu postupuje i rekvltivace povrchu skládky
2. Část odkaliště sz. od Libčíc n. Vitavou (U Debrna), v němž jsou ukládány průmyslové kaly ze s. p. Šroubárny Foto Z. Lochmann

massive, and have an irregular boulder or slab-like disintegration. The thickness of the eluvial mantel does not exceed 2 m.

The most widespread Cretaceous rocks are sandy marlstones to calcareous-sandy siltstones — the opokas of the Bílá Hora Formation. They are medium- to strongly fissured with prevailing vertical fissures. In greater depths, they show a heavy-bedded to slab-like jointing. To the depth of 3 m, they show slab-like jointing and fragmental disintegration. Near the surface, they tend to be loosened by frost. In the NE, approximately from the connecting line Větrušice—Klečany—Březiněves, marlstones to calcareous siltstones prevail in the Bílá Hora Formation. They are overlain near Klíčany and Panenské Břežany by relicts of the Jizera Formation (marlstones, calcareous claystones). The eluvia have the character of sandy-clayey to clayey loam. They are changing in volume, considerably contractible and liable to sliding on the slopes.

The Pliocene lacustrine and fluviolacustrine sands and gravels are for the most part covered with loess. In the area of the Kobylisy tram depot they are over 25 m thick. Lithologically, these are medium- to coarse-grained sands and gravels that are strongly clayey and in places intercalated by clay.

The loesses cover whole extensive plains on the two Vltava banks attaining an average thickness of 2—5 m. In the loess dunes they attain thicknesses of 10—15 m (Libčice nad Vltavou-Letky, Žalov, Tursko, Dáblíče). Near the base of the loess cover, numerous layers of solifluction loamy-stony sediments of 2—4 m thickness (Libčice nad Vltavou and vicinity of Tursko and Úholičky) were found. Near the southern slope of the Kozí hřbety ridge in the region of Suchdol, the solifluction layers attain maximum thicknesses of 10 m. Genetically, these are fossil dragged out loamy-stony debris along the foot of the silicite monadnocks and dragged out gravels from the borders of terraces. Near the margins of loess accumulations, on moderate slopes, the loesses contain fragments of the surrounding underlying rocks and in the horizontal direction thus grade into eoliancolluvial sediments. The loesses have a solid to hard consistency, they are porous, comparatively compressible and sensitive with respect to different load. The value of the coefficient of relative collapsibility was up to 0.017 in 20 samples. As foundation soils, they are only suitable for light, simple objects.

The colluvial sediments cover mainly the valley slopes of the Vltava tributaries. In the region of the marlstones, they have the character of silty to sandy loams, in the territory of greywackes, siltstones and shales, the colluvia are stony loamy. The stony loamy colluvia cover the slopes of lydite monadnocks (Ládví, Kozí hřbety, Černá skála, a.o.). The

stony-loamy colluvial sediments are in consequence of their genesis un-homogeneous and unequally compressible.

The colluvial-fluvial sediments (clayey and clayey sandy loams) fill elongate and shallow depressions, which grade into alluvial plains of brooks. In the spring and during heavy precipitation they are places of concentrated surface run-off. They are waterless for most of the year. The colluvio-fluvial sediments are 1—3 m thick, thicknesses of 5—10 m have been encountered by isolated boreholes (Čimice, Suchdol, Řež). Sometimes, they have an increased content of organic substances. The ground-water level fluctuates in the course of the year. Consequently, they are not suitable as foundation soils.

The terrace deposits form 7 major terrace accumulations (Z á r u b a - - B u c h a - L o ž e k 1977). The accumulations which are older than Würmian are covered for the most part by loesses and by Holocene alluvial deposits. The terraces dating from the earliest Pleistocene (Donau) cover extensive areas on the right bank of the Vltava river. The thickness of the accumulation attains near Zdibsko 19, in the vicinity of Vodochody 8—9 m, between Větrušice, Klecany, and Klíčany about 13 m, in the area of Bohnice 10—14 m. On the left bank it forms plains in the area of Výhledy, Nový Suchdol, and Roztoky. They are 8—15 m thick there. The younger terrace levels follow the stream of the Vltava river in its present-day valley. The Würm gravels and sands covered by flood-plain loams (2—5) fill the Vltava valley to a thickness of 12—15 m (Roztoky, Libčice nad Vltavou). In the uppermost terraces, a diversity of sedimentation is observable. In the vicinity of Panenské Břežany, Klíčany, Drasty, and Zdibsko, up to 2 m thick interlayers of clay were encountered in the boreholes. The terrace sediments are suitable foundation ground having a sufficient bearing capacity, being mostly homogeneous and little compressible. Foundation works in valley terraces may meet with unfavourable hydrogeological conditions.

The anthropogenic sediments are waste embankments formed during construction or mining activities, and municipal waste.

Hydrogeological conditions. Three major hydrogeological complexes may be outlined in the territory. 1) A complex composed of Proterozoic greywackes, siltstones, shales, and basalts (spilites) has a minimum fissure permeability. The discharge of the wells varies between hundredths and tenths of  $l \cdot s^{-1}$ . The waters showed acidity and carbonate aggressivity with respect to concrete. 2) A complex of Cretaceous sediments having variable fissure and weak intergranular permeability. In the region of Turonian sandy marlstones, the discharges vary between tenths of  $l \cdot s^{-1}$  to 3  $l \cdot s^{-1}$ . 3) A complex of Pliocene and Quaternary fluvial sands and gravels with good intergranular permeability. Where-

as the upper terraces are water-bearing only in their basal parts, the deposits of the youngest terrace are water-bearing in their entire thickness. The discharges are considerable and attain 4—6 l. s<sup>-1</sup> (Roztoky), or 9—15 l. s<sup>-1</sup> (Libčice nad Vltavou). The waters have mostly a higher sulphate aggressivity.

With respect to building foundation, it is possible to characterize the investigated region as conditionally suitable (lithological variety of the rocks of the pre-Quaternary basement, unequal weathering of rocks, loess accumulations, etc.). The steep slopes of the deep erosion valleys and the Vltava flood plain are not suitable for buildings (large proportion of sloping ground, unfavourable hydrogeological conditions).

The results of the engineering-geological mapping and investigation have yielded a block of essential information for the workers engaged in the planning of large territories and urban settlements in the Prague agglomeration.

*Přeložila H. Šilarová*

#### Explanation of tables

Table 1. Physico-mechanical properties of the rocks of the pre-Quaternary basement and their classification according to the Czechoslovak standards. Data in columns 1, 2, 3, 7 according to A. Dvořák (1975), data in columns 4, 5, 6 according to J. Hudek (1979). A — greywackes, siltstones, shales; B — silicites; C — basalts; D — sandstones; E — sandy marlstones (opokas); the following symbols apply: + for unweathered, little fissured; ++ for superficially weathered medium to little fissured rocks.

Table 2. Physico-mechanical properties of the eluvial rocks of the pre-Quaternary basement (eluvia of graywackes, siltstones and shales; eluvia of sandy marlstones — opokas). Significance of the symbols in the heading of the table: min = minimum value, max = maximum value, n = number of tests,  $\bar{x}$  = arithmetic mean,  $\sigma$  = standard deviation, V (%) = variation coefficient  $\frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100$ ].

Table 3. Physical properties of the clayey and silty soils, forming intercalations in the Neogene sands and gravels of the Zdiby stage.

Table 4. Physico-mechanical properties of the soils of the Quaternary covering formation (eolian sediments — loesses; colluvial sediments).

Table 5. Physico-mechanical properties of the soils of the Quaternary covering formation (colluvio-fluvial sediments; Holocene aggradations).

Table 6. Physico-mechanical properties of the soils of the Quaternary covering formations (clayey intercalations in terrace deposits).

#### Explanation of text-figures

1. Plasticity diagram of the eluvia of Cretaceous marls and calcareous claystones (7 analyses).

2. Envelope curves of the particle-size distribution of the eluvia of graywackes, siltstones and shales (A = 3 analyses, B = 11 analyses).
3. Plasticity diagram of the eluvia of graywackes, siltstones and shales (9 analyses).
4. Envelope curves of the particle-size distribution of eluvia of sandy marlstones and calcareous-sandy siltstones (opokas) — 28 analyses.
5. Plasticity diagram of the eluvia of sandy marlstones and calcareous sandy siltstones (opokas) — 26 analyses.
6. Envelope curves of particle-size distribution of the sediments of the Zdíby stage (A = 15 analyses, B = 3 analyses).
7. Envelope curves of the particle-size distribution of loesses (96 analyses).
8. Diagram of the plasticity of loesses (137 analyses).
9. Envelope curves of the particle-size distribution of colluvio-fluvial sediments (15 analyses).
10. Diagram of the plasticity of colluvio-fluvial sediments (15 analyses).
11. Envelope curves of the particle-size distribution of fluvial sediments (Riss-Donau terrace stages) — 92 analyses.
12. Envelope curves of the particle-size distribution of Holocene (flood plain) alluvial deposits (11 analyses).
13. Diagram of the plasticity of Holocene (alluvial) deposits (7 analyses).

### Explanation of plates

#### Pl. I

1. Epigenetic valley of the Vltava cut into Proterozoic basalts (spilites) near Libčice nad Vltavou.
2. Vltava valley in the Libčice meander. In the background, 100 m high river cliff below Větrušice. The terraces of the slip-off slope part of the meander are covered with loesses. Industrial development has been concentrated on the youngest valley terrace (Šroubárny, n.e.). Photographs by J. Rubín

#### Pl. II

1. Denudation relief between Únětice (village in the centre) and the Vltava valley. Above the level of the uppermost plains protrude silicite (lydite) monadnocks (marked by arrows). Photograph Z. Lochmann
2. Valley of the brook Máslovický potok in Důl in Proterozoic graywackes and basalts (spilites). In the background, margins of a Cretaceous plain covered with terrace gravels and loesses (see arrows). Vineyard on the southern sunny side of the slope. Photograph by J. Rubín

#### Pl. III

1. Undulated surface of a shallow planar landslide. "Na Beckově" N of Sedlec (December 1983).
2. Lower part of a ravine on the left valley slope of the brook Máslovický potok in Důl. Photographs by Z. Lochmann

#### Pl. IV

1. Part of the locality Kozí hřbety. Suchdol—Černý Vůl highway.
2. Block disintegration of silicite (lydite) at Kozí hřbety, NW of Suchdol. Photographs by Z. Lochmann

Pl. V

1. Silicite blocks dragged out on the NW slope of the locality Kozí hřbety.
2. Desintegration of silicite massif at Stříbrník Hill (el. point 311 m) in the cutbank of the Podmoráň meander. Photographs by Z. Lochmann

Pl. VI

1. Part of a block flow on the northern slope of Stříbrník Hill (el. point 311 m) near Podmoráň.
2. Face of sand pit in Libčice nad Vltavou-Chýnov. In 10 m thickness the sands and sandy gravels of the Vinohrady terrace. Horizontal beds prevail. A 2 m thick layer of loess in the overlying beds. Photographs by Z. Lochmann

Pl. VII

1. Detail from the face of the sand pit in Libčice nad Vltavou-Chýnov. Lens of fine-grained sand in coarse-grained sandy gravel. In addition to perfect pebbles having a maximum diameter of 10 cm, semi-worn fragments of rocks occur.
2. Multi-bench quarry on the right Vitava bank between Klecany and Husinec. Contact-metamorphosed greywackes with veinlets of quartz diorite porphyrite for the production of gravel and ballast, crushed rock and macadam are extracted. On the opposite bank, terrace surfaces near Levý Hradec. Photographs by Z. Lochmann

Pl. VIII

1. Controlled disposal area in Libčice nad Vltavou-Letky. Construction and municipal waste is being filled into former loam pit. Development of the surface of disposal area is going on simultaneously.
2. Part of settling pit NW of Libčice nad Vltavou ("U Debrna"). It contains industrial sludge from the n.e. Šroubárny. Photographs Z. Lochmann

Pl. 1

Engineering-geological map of the territory between Praha, Libčice nad Vltavou, and Panenské Břežany (part A — lithologic complexes of rocks and soils, geodynamic phenomena).

Upper Proterozoic lithologic rock and soil complexes: 1 — low-grade metamorphosed greywackes, siltstones, schists; 2 — silicites (lydites); 3 — low-grade metamorphosed basalts (spilites); Paleozoic: 4 — vein basalt (diabase); 5 — tonalite; Upper-Cretaceous: 6 — sandstones, sediments of the "wave-cut facies" (Cenomanian — Korycany Member); 7 — sandy marlstones to calcareous-sandy siltstones — opokas (Lower Turonian — Bílá Hora Formation); 8 — marlstones to calcareous siltstones, calcareous claystones (Lower Turonian — Bílá Hora and Jizera Formations); Pliocene: 9 — sands and sandy gravels (Zdiby stage); Quaternary: 10 — eolian sediments (loesses); 11 — polygenetic sediments; 12 — colluvial sediments; 13 — colluvio-fluvial and partly fluvial sediments; 14 — fluvial terrace sediments; 15 — alluvial plain deposits of the Vitava river; 16 — anthropogenic sediments; 17 — representation of the thickness of the lithologic complex: 1 = less than 2 m, 2 = 2–5 m, 3 = more than 5 m (remark: the boundary between the thickness is indicated by *broken line*). The thickness of the colluvio-fluvial sediments were not indicated for technical reasons; representation of the 2nd bed of the lithological complex (thickness of the 2nd bed undifferentiated): 18 — terrace gravels and sands in the 2nd bed; 19 — loamy-stony gravel in the 2nd bed; geodynamic phenomena: 20 — landslides; 21 — fossil rockslides; 22 — solifluction; 23 — ravines; 24 — dejection cones; 25 — boulder fields and streams.

Map of engineering geological conditions of the territory between Praha, Libčice nad Vitavou, and Panenské Břežany (part B — hydrogeological conditions, pre-Quaternary basement and its depth below the Quaternary covering formations).

Hydrogeological conditions: 1 — hydroisobaths; 2 — depth of ground-water level (to 2 m, 2—5 m, over 5 m); 3 — springs; 4 — general flow of near-surface ground water; 5 — aggressivity of ground water to concrete according to ČSN 73 1215 — exceeding of admissible values indicated by filled corresponding sector; pre-Quaternary basement: Upper Proterozoic: 6 — low-grade metamorphosed graywackes, siltstones, schists; 7 — silicities (lydites); 8 — low-grade metamorphosed basalts (spilites); Paleozoic: 9 — vein basalt (diabase); 10 — tonalite; Upper Cretaceous: 11 — sandstones, sediments of the “wave-cut facies” [Cenomanian — Korycany Member]; 12 — sandy marlstones to calcareous-sandy siltstones — opokas (Lower Turonian — Bílá Hora Formation); 13 — marlstones to calcareous siltstones, calcareous claystones (Lower Turonian — Bílá Hora and Jizera Formations); Pliocene: 14 — sandy and sandy gravels (Zdiby stage); 15 — fossil weathering; depth of surface of pre-Quaternary basement below Quaternary covering formations; 16 — pre-Quaternary basement at the depth of 5—10 m; 17 — pre-Quaternary basement at the depth of 10—20 m; 18 — pre-Quaternary basement at a depth of more than 20 m.

**Инженерно-геологические условия области  
между г. Прага и п. Либчице над Влтавой и Паненске Бржежаны**

Представленная работа занимается инженерно-геологическими условиями местности в северной части пражско-среднечешской агломерации. В неогеновый и четвертичный периоды изучаемая область испытала сложное геоморфологическое развитие, главным результатом которого является образование современной долины реки Влтавы. Формы современного рельефа влияют на инженерно-геологические условия строительства в положительном и отрицательном смысле.

В работе детально характеризуют геодинамические явления и отдельные литологические комплексы горных пород и грунтов, выведенные на основе аналогичных геотехнических свойств. Обзорным образом обсуждаются гидрогеологические условия.

Целью работы является подытожение главных инженерно-геологических сведений, служащих основой для проектирования построек всего рода и для решения проблематики охраны и образования окружающей среды.

*Přeložil A. Kříž*