

Krajská správa a údržba silnic Středočeského kraje, p. o.**Lenka Chmelová**

vedoucí TSÚ – oblast Mnichovo Hradiště

Zborovská 81/11

150 21 PRAHA 5

Váš dopis čj. ze dne

Naše značka

Vyřizuje

Praha dne

7194/21/KSUS/MHT/SUL - 10. února 2021

ČGS-441/21/131*SOG-441/0133/2021

Ing. Jan Novotný, CSc.

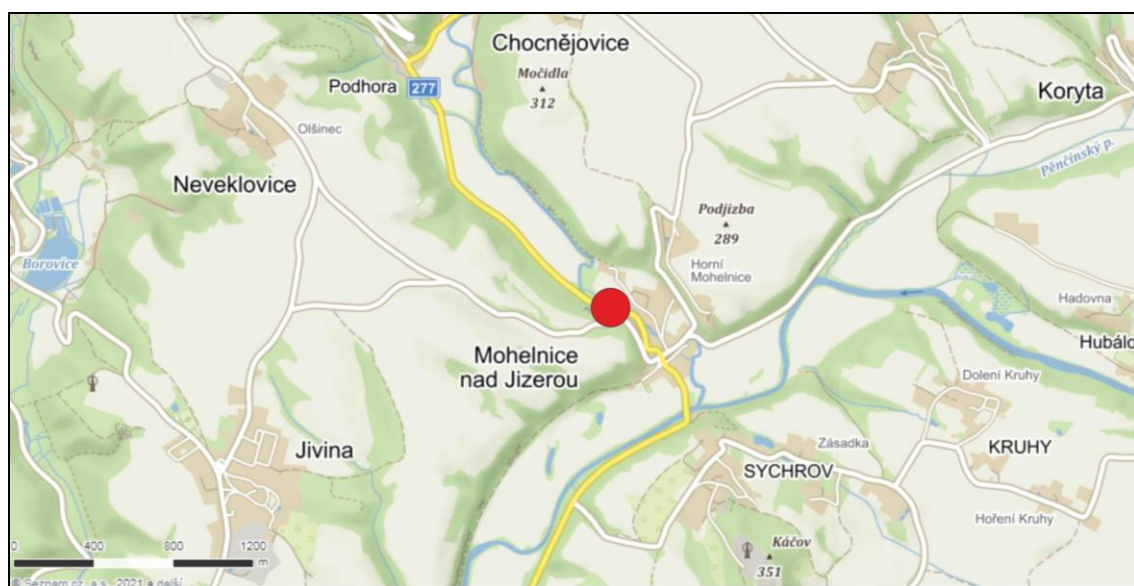
12. března 2021

Posouzení nestability skalního masivu při silnici II/277 v úseku mezi obcemi Mohelnice nad Jizerou a Podhora

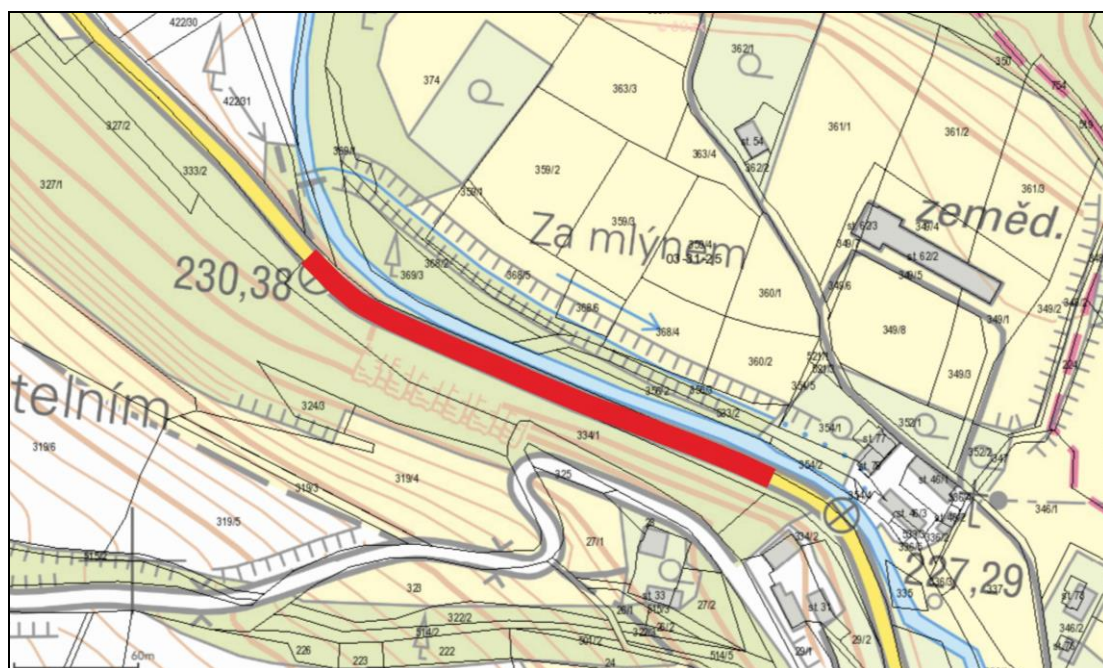
Česká geologická služba (ČGS), zřízená pro výkon státní geologické služby v souladu s ustanovením § 17, odst. 2 zákona č. 62/1988 Sb., o geologických pracích, ve znění pozdějších předpisů, byla dopisem Krajské správy a údržby silnic Středočeského kraje, p. o., čj. 7194/21/KSUS/MHT/SUL ze dne 10. února, požádána o posouzení nestability skalního masivu při silnici II/277 v úseku mezi obcemi Mohelnice nad Jizerou a Podhora na pozemcích parc. č. 517/1 a 334/1 v k. ú. Mohelnice nad Jizerou.

Úvod

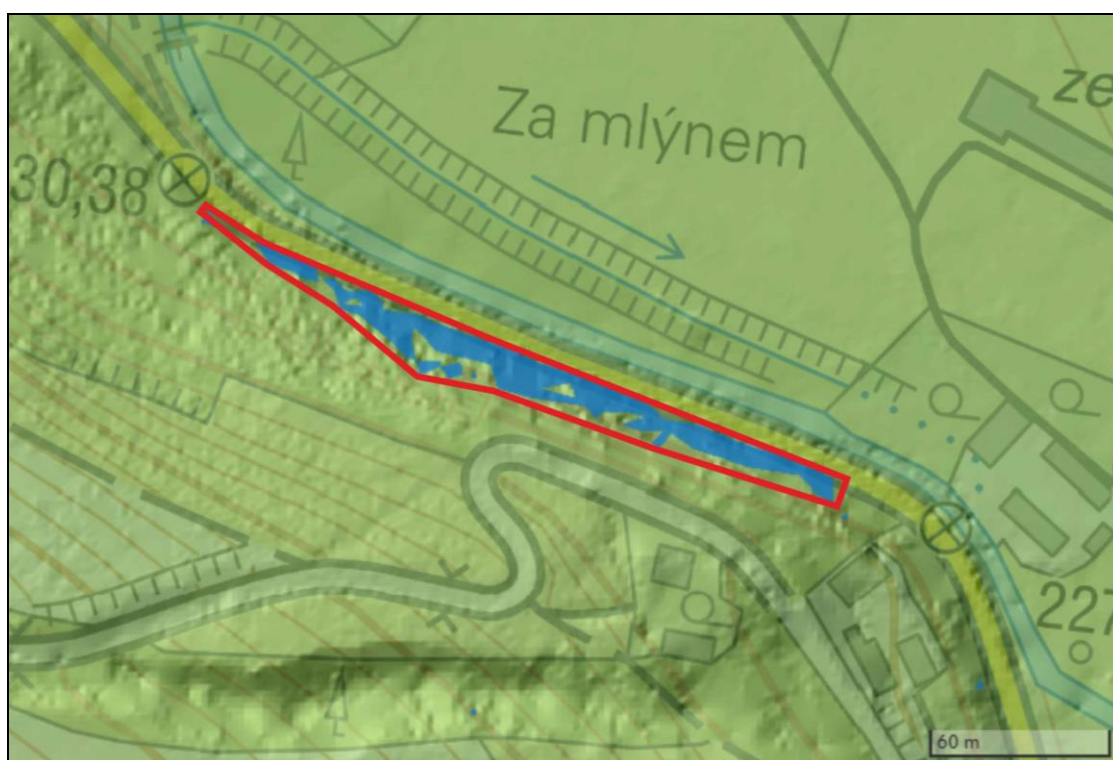
Předkládané posouzení bylo zpracováno na základě podkladů uvedených v části „Použité podklady“ a výsledků terénní rekognoskace provedené specialistou ČGS Ing. Janem Novotným, CSc., dne 25. února 2021 po roztátí sněhové pokrývky. Hodnocené místo bylo specifikováno žadatelem, jeho lokalizace je uvedena na obrázcích 1, 2 a 3.



Obr. 1 Orientační poloha zájmové lokality je vyznačena červenou značkou (topografický podklad © <https://mapy.cz>).



Obr. 2 Červenou linií je vyznačen posuzovaný úsek silnice II/277.



Obr. 3 Na topografickém podkladu (topografický podklad © <https://ags.cuzk.cz>) byla z DMR 5G generována sklonitost terénu. Modrými plochami je vyznačena část území se sklonem v rozsahu 50–90°, tedy území s potenciálním výskytem skalních stěn. Červeným polygonem je generalizovaným způsobem ohraničena část území s výskytem nestabilních skalních útvarů.

Obecné inženýrskogeologické poměry zájmového území

Na základě prostudovaných podkladů (viz část „Použité podklady“, zejména geologická mapa na linku <https://mapy.geology.cz/geocr50/>) lze obecné inženýrskogeologické poměry zájmového území charakterizovat následovně:

Zájmová oblast ve smyslu ČSN P 73 1005 a její širší okolí spadá do inženýrskogeologického regionu křídových pánví. Z regionálního hlediska náleží širší oblast k jizerskému vývoji české křídové pánve. Podle archivních podkladů je zde předkvartérní podklad tvořen pískovci jizerského souvrství. Křídové horniny jsou na svahu nad silnicí II/277 překryty pravděpodobně málo mocnými svahovinami. Pískovce jsou obvykle jemnozrnné až střednozrnné, vápnité. Jsou horizontálně uložené, obvykle s charakteristickým vertikálním až subvertikálním rozpukáním. Dané horniny jsou odkryty v odřezu předmětné silnice, kde při jejím jihozápadním okraji tvoří vertikální skalní stěnu výšky 5 až 10 m. V posuzovaném místě dosud nejsou v Registru svahových nestabilit ČGS evidovány žádné projevy svahových pohybů (https://mapy.geology.cz/svahove_nestability/) ve smyslu klasifikace Nemčoka et al. (1974).

Výsledky terénní rekognoskace

Přibližný rozsah nestabilní skalní stěny při jihojihozápadním okraji silnice II/277 v úseku mezi obcemi Mohelnice nad Jizerou a Podhora je vyznačen na obrázku 3. Část s nestabilními skalními útvary v délce do cca 240 m je vázána na odřez silnice v původním erozním svahu vytvořeném erozní činností toku Mohelky.

Ve skalní stěně jsou odkryty pískovce jizerského souvrství. Mají charakter jemnozrnných až střednozrnných vápnitých pískovců. Méně zvětralé partie ve skalní stěně jsou geologickým kladivem obtížně rozpojitelné. Lze odhadovat třídu pevnosti R3 až R2 ve smyslu ČSN P 73 1005. Lokálně je hornina na lici skalní stěny více zvětralá, v takových místech lze odhadovat třídu pevnosti R4 až přechod R4/R3.

Horninový masiv je prostoupen četnými systémy diskontinuit, které vytvářejí vhodné podmínky pro rozvoj nestability ve stěně.

Pískovce jsou horizontálně uložené s mírným úklonem k jihozápadu. Plochy vrstevnatosti jsou významnými diskontinuitami, které podmiňují obecně deskovitou až lavicovitou odlučnost pískovců. Na lici stěny je masiv místy velmi rozvolněn se střední hodnotou vzdálenosti vrstevních ploch 3–20 cm.

Společně s vrstevnatostí se na nestabilitě skalní stěny silničního odřezu podílejí celkem tři hlavní subvertikální systémy diskontinuit (viz níže tabulka 1 a obrázek 4).

Systém 2 je velmi výrazný a predisponuje průběh diskontinuit šikmo k průběhu líce stěny nad silnicí. Systém 3 probíhá rovněž šikmo k průběhu líce stěny nad silnicí, přibližně kolmo k průběhu diskontinuit systému 2 – oproti systému 2 je však podstatně méně výrazný. Systémy 2 a 3 predisponují při aktuální orientaci a sklonu líce skalní stěny vývoj nestabilních bloků klínovitého tvaru, které mohou být i většího objemu. Ve stěně jsou dobře patrné nestabilní části tohoto charakteru i klínovitá vhloubení po již v minulosti vypadlých blocích (foto 3, 4 a 5).

Dostí výrazný je i subvertikální systém diskontinuit 4, který je paralelní s lícem stěny nad silnicí a podmiňuje vývoj nestabilních deskovitých bloků (šupin) paralelních s průběhem líce stěny nebo i uvolňování dílčích úlomků (foto 6 a 7 vlevo).

K nestabilitě ve stěně napomáhá také selektivní zvětrávání hornin, kdy vůči zvětrávání méně odolné partie v podloží pevnějších poloh podléhají rychlejšímu odnosu. Ve stěně se pak podle ploch vrstevnatosti vytvářejí drobnější, avšak četné nestabilní převisy (např. foto 6 vpravo).

Nestabilní převisy se místy vytvářejí také při horní hraně skalní stěny (foto 7 vpravo, 8 a 9).

Z místy velmi rozvolněného líce skalní stěny dochází k vypadávání dílčích úlomků hornin. I v době terénní prohlídky bylo možné pozorovat taková četná velmi rozvolněná místa (např. foto 10),

kde bezprostředně hrozí pád. Pozorováno bylo také několik drobnějších akumulací úlomků hornin po řízení tohoto typu, které v době rekognoskace ještě nebyly odklizeny (foto 11 a 12) a které tak dokumentují současnou aktivitu probíhajících svahových pohybů v předmětné skalní stěně.

Nestabilita je místy podporována rozpínáním kořenového systému stromů i náletových dřevin v diskontinuitách při horní hraně stěny i v samotné stěně (foto 13 a 14).

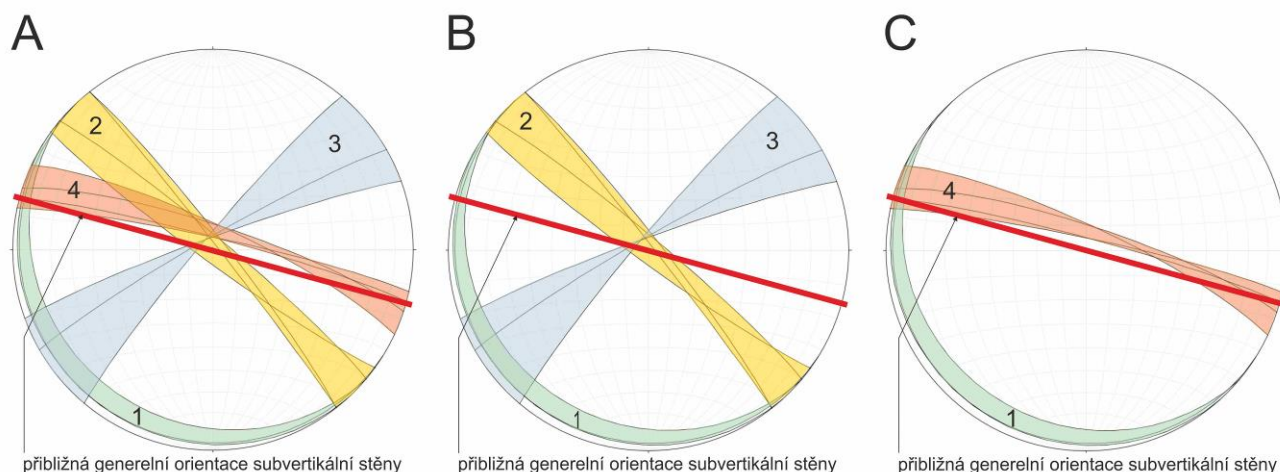
Nestabilní jsou také samotné stromy poblíž horní hrany stěny. Lze pozitivně hodnotit, že místy byly tyto nestabilní stromy již preventivně odstraněny.

Svahové pohyby odehrávající se ve stěně lze ve smyslu klasifikace Nemčoka et al. (1974) charakterizovat v úvodní fázi jako ploužení charakteru otvírání tahových trhlin. Plouživé pohyby pak následně přecházejí do řízení menšího rázu typu opadávání úlomků až po závažnější odvalové řízení dílčích částí stěn.

Níže v tabulce 1 jsou uvedeny kompasem změřené směry a sklony spádnice ploch hlavních systémů diskontinuit a jejich hlavní charakteristika. Zobrazení směrů a sklonů spádnice měřených diskontinuit při projekci kružnic na spodní polokouli je patrné z obrázku 4, systémy diskontinuit jsou zde označeny čísly 1, 2, 3 a 4, přičemž vrstevnatost je označena číslem 1.

Tab. 1 Charakteristika hlavních systémů diskontinuit

SYSTÉM 1 vrstevnatost	SYSTÉM 2	SYSTÉM 3	SYSTÉM 4
Velmi mírně k jihozápadu ukloněné plochy, predisponuje lavicovité až deskovité bloky	Subvertikální diskontinuity probíhající šikmo k hlavnímu průběhu líce skalní stěny nad silnicí, predisponuje klínovité bloky	Subvertikální diskontinuity probíhající šikmo k hlavnímu průběhu líce skalní stěny nad silnicí, predisponuje klínovité bloky	Subvertikální diskontinuity paralelní s průběhem líce skalní stěny nad silnicí, predisponuje deskovité šupiny paralelní s průběhem líce stěny a dílčí nestabilní bloky a úlomky
Velmi výrazný systém	Místy výrazný systém	Méně výrazný systém	Místy výrazný systém
Rozteč diskontinuit je 0,3–1 m, v líci stěny místy v silně rozvolněných částech 3–20 cm	Rozteč diskontinuit je 0,3–1 m	Rozteč diskontinuit je 1–2 m, lokálně v důsledku zvětrávání méně než 20 cm	Rozteč diskontinuit je na líci stěny místy v silně rozvolněných částech 3–20 cm
Zvlněné, stupňovité, na povrchu převážně drsné plochy	Zvlněné, stupňovité, na povrchu převážně drsné plochy	Zvlněné, stupňovité, na povrchu převážně drsné plochy	Zvlněné, stupňovité, na povrchu převážně drsné plochy
Místy průběžné	Místy průběžné	Částečně průběžné	Částečně průběžné
Místy rozevřené na šířku 1–2 cm	Místy rozevřené na šířku 1–2 cm, v rozevřených trhlinách i více, hlouběji do masivu se spínají	Při povrchu vlivem rozvolnění líce stěny místy rozevřené na šířku až několik centimetrů	Při povrchu vlivem rozvolnění líce stěny místy rozevřené na šířku 1–2 cm, místy i více
[směr sklonu spádnice°/sklon spádnice°]	[směr sklonu spádnice°/sklon spádnice°]	[směr sklonu spádnice°/sklon spádnice°]	[směr sklonu spádnice°/sklon spádnice°]
220/15	52/88	340/85	25/80
212/05	216/85	310/85	16/85
228/05	52/85	330/85	18/80
	40/85		12/85



Obr. 4 Zobrazení směrů a sklonů spádnic měřených diskontinuit při projekci kružnice na spodní polokouli, systémy diskontinuit jsou označeny čísly shodnými s jejich označením v tabulce 1. **A** – měřené hlavní systémy diskontinuit, **B** – systémy diskontinuit 2 a 3 vyčleňující spolu s vrstevnatostí klínovitě nestabilní bloky ve stěně, **C** – systém 4 vyčleňující spolu s vrstevnatostí nestabilní části stěny paralelní s lícem stěny.

Jako hlavní **inženýrskogeologické podmínky nestability**¹ lze označit především:

- morfologické poměry – svislá skalní stěna (odřez silnice II/277);
- geologické poměry – sedimentární horniny strukturně predisponované systémem diskontinuit;
- hydrologické a hydrogeologické poměry – schopnost diskontinuitami porušeného skalního masivu relativně rychle infiltrovat srážkové vody, které se v něm s určitým zdržením hromadí a nepříznivě ovlivňují stabilitu;
- klimatické poměry – možnost změny vody v led v diskontinuitách a jeho rozpínavé účinky.

Jako hlavní **inženýrskogeologické faktory nestability**² lze v dané situaci označit především:

- zvětrávací procesy, které podmiňují dlouhodobé rozvolňování strukturně predisponovaného masivu;
- objemové změny ledu v diskontinuitách v zimním období;
- vody přívalových dešťů, které při infiltraci vody do masivu vytvářejí stabilně nepříznivý hydrostatický tlak v diskontinuitách, vedoucí celkově ke snížení pevnosti v masivu;
- vliv vegetace – klínový a pákový efekt kořenů stromů a náletových dřevin v diskontinuitách;
- vliv seismicity – i když Česká republika není seismicky příliš aktivní, nelze vliv seismicity na rozvolněné skalní stěny podceňovat; nelze podceňovat ani vliv technické seismicity, např. při průjezdu těžkých nákladních automobilů pod skalní stěnou.

Doporučení z pohledu inženýrské geologie

Předmětnou skalní stěnu v odřezu silnice II/277 v úseku mezi obcemi Mohelnice nad Jizerou a Podhora (přibližný rozsah nestabilního úseku svahu viz obrázek 3) lze označit jako **velmi nestabilní**. Stěna je místy značně rozvolněná s četnými široce rozevřenými tahovými trhlinami. Projevují se zde

¹ tj. přírodní poměry území, v němž se uskutečňují svahové pohyby

² tj. přírodní nebo antropogenní procesy, které vyvolávají nebo ovlivňují změny podmínek nestability

skupiny svahových pohybů ploužení a řícení. Řícení je zastoupeno jak kategorií **opadávání dílčích úlomků**, tak i daleko závažnější kategorií **odvalového řícení** zastoupenou **pádem dílčích částí stěny**.

K řícením ve skalní stěně aktuálně dochází. V době terénní prohlídky bylo u paty stěny pozorováno několik akumulací po dílčích říceních (foto 11 a 12). Ve stěně se v současnosti nalézají další velmi nestabilní části, hrozící v blízké budoucnosti pádem v závislosti na inženýrskogeologických faktorech nestability. **Ohrožena je silnice II/277.**

Skalní stěnu je nutné ihned sanovat. Sanační práce by měly v první fázi spočívat v postupném očištění stěny, včetně přilehlé části nad její horní hranou, za současného odstranění nestabilních bloků a povrchové rozvolněné vrstvy na líci stěny. Po celkovém očištění stěny bude možné na základě podrobného inženýrskogeologického průzkumu rozhodnout o případné nutnosti dalších typů sanace jako zasíťování a kotvení a podobně. Konkrétní návrh sanace musí být předmětem zpracování projektové dokumentace.

Závěr

Na základě prostudování archivních podkladů a provedené terénní rekognoskace požadovaného úseku skalní stěny při silnici II/277 v úseku mezi obcemi Mohelnice nad Jizerou a Podhora lze konstatovat, že **skalní stěna je kriticky nestabilní**.

Svahové pohyby lze ve smyslu klasifikace Nemčoka et al. (1974) zařadit jako ploužení a řícení. Ploužení je zastoupeno postupným rozvolňováním masivu spojeným s otvíráním tahových trhlin, řícení je zastoupeno opadáváním úlomků a odvalovým řícením dílčích částí stěny. Uvedené svahové pohyby lze označit jako v současnosti aktivní. **Rozvolněné nestabilní části stěny hrozí bezprostředním zřícením. Ohrožena je především přilehlá silnice II/277**, na kterou přímo dopadají bloky a úlomky po řícení nestabilních částí ve stěně. **U paty stěny je minimální zachytný prostor pro akumulace řícení, místy i prakticky chybí; kusy hornin tak dopadají často přímo na předmětnou silnici.**

Nestabilní skalní stěnu lze podle metodiky používané k hodnocení rizika svahových nestabilit v resortu Ministerstva životního prostředí (Hroch – Lochmann – Moravcová 1998) klasifikovat **kategorií III – vysoké riziko**. Rovněž podle americké klasifikace Rockfall Hazard Rating System (RHRS) je možné nestabilní stěnu předběžně klasifikovat **ve stupni nejvyššího rizika** (Pierson – Van Vickle 1993).

Je nutná okamžitá sanace rekognoskované skalní stěny. Na základě výsledků provedené rekognoskace lze doporučit v první fázi **sanaci metodou postupného odstranění nestabilních částí rozvolněné skalní stěny**. Poté, **po celkovém očištění stěny** od nestabilních částí (části oddělené od masivu rozevřenými tahovými trhlinami), včetně odstranění celé povrchové rozvolněné lícové vrstvy stěny, bude potřeba **rozhodnout o případné nutnosti dalších sanačních kroků**.

Česká geologická služba závěrem upozorňuje, že veškerá výše uvedená doporučení způsobů sanace z pohledu inženýrské geologie je nutné vnímat jen jako orientační, neboť vycházejí pouze z obecných předpokladů o horninové stavbě na základě dostupných podkladů o geologických poměrech širší oblasti a jednorázové terénní rekognoskace. **Konkrétní návrhy způsobů sanace musí být předmětem zpracování projektové dokumentace.** Zpracování projektové dokumentace je nutné i s ohledem na stanovení účinných dočasných technických opatření uplatněných během sanace s cílem minimalizovat případné škody vlivem sanace.

V současné době není předmětné nestabilní území evidováno v Registru svahových nestabilit ČGS (http://mapy.geology.cz/svahove_nestability). Jeho evidence bude následně provedena na základě výsledků tohoto posouzení.

Použité podklady:

ČSN P 73 1005: Inženýrskogeologický průzkum.

Hroch, Z. – Lochmann, Z. – Moravcová, O. (1998): Podíl státní geologické služby ČGÚ na stabilizaci sesuvů iniciovaných extrémními srážkami v červenci 1997. In V. Lysenko (ed.): Přehled výsledků geologických prací na ochranu horninového prostředí v roce 1997, 26–29. – Odbor ochrany horninového prostředí Ministerstva životního prostředí. Praha.

Nemčok, A. – Pašek, J. – Rybář, J. (1974): Dělení svahových pohybů. – Sborník geologických věd, Ř. Hydrogeol. inž. Geol., 11, 77–93. – Ústřední ústav geologický. Praha.

Pierson, L. A. – Van Vickie, R. (1993): Rockfall Hazard Rating System – Participant's manual. – Federal Highway Administration, US Department of Transportation. Report FHWA-SA-93-057.

<https://mapy.geology.cz/geocr50/>

http://mapy.geology.cz/svahove_nestability/

Sestavil:

Ing. Jan Novotný, CSc. – specialista ČGS pro inženýrskou geologii

Schválil:

RNDr. Jan Čurda
vedoucí Správy oblastních geologů ČGS



Digitálně podepsal RNDr. Jan Čurda
DN: cn=RNDr. Jan Čurda,
givenName=Jan, sn=Čurda, c=CZ,
o=Česká geologická služba, ou=odbor
410, 2.5.4.97=NTRCZ-00025798,
serialNumber=IDCCZ-201946217,
serialNumber=ICA - 1072095
Datum: 2021.03.12 15:04:21 +01'00'

Fotodokumentace pořízená dne 25. února 2021



Foto 1 Výrazná stěna na jihovýchodním okraji nestabilního území kopírující systém diskontinuit 2. Dobře patrná je lavicovitá vrstevnatost označená jako systém diskontinuit 1. Dále směrem k severozápadu pokračuje nestabilní stěna odřezu silnice II/277 paralelní s jejím průběhem. Na fotografii je dobře patrné, že před patou stěny zůstává jen nepatrný nebo dokonce vůbec žádný prostor pro akumulaci úlomků skalních řícení.

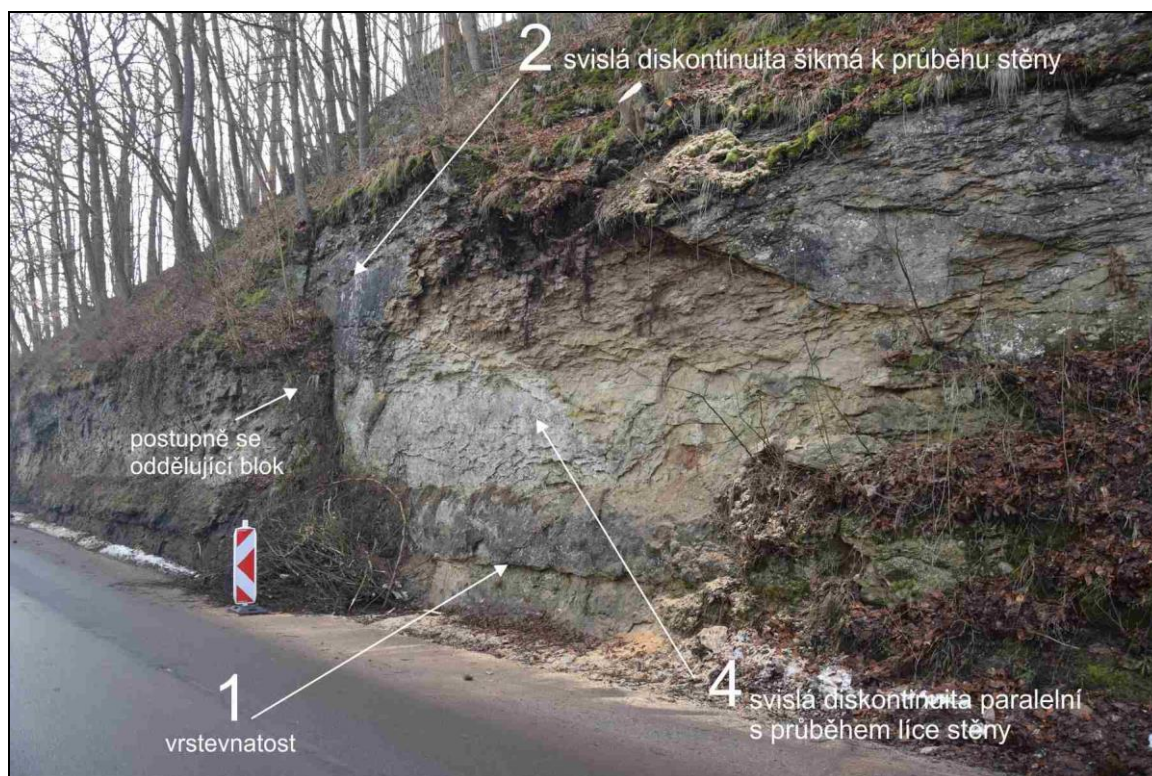


Foto 2 Odlučná oblast řícení části stěny (dle ústního sdělení pana Petra Valkouna k řícení došlo 6. února 2021 v 16:30). Zřetelné jsou diskontinuity, reprezentující dílčí systémy diskontinuit 1, 2 a 4, které se uplatnily při nestabilitě stěny.

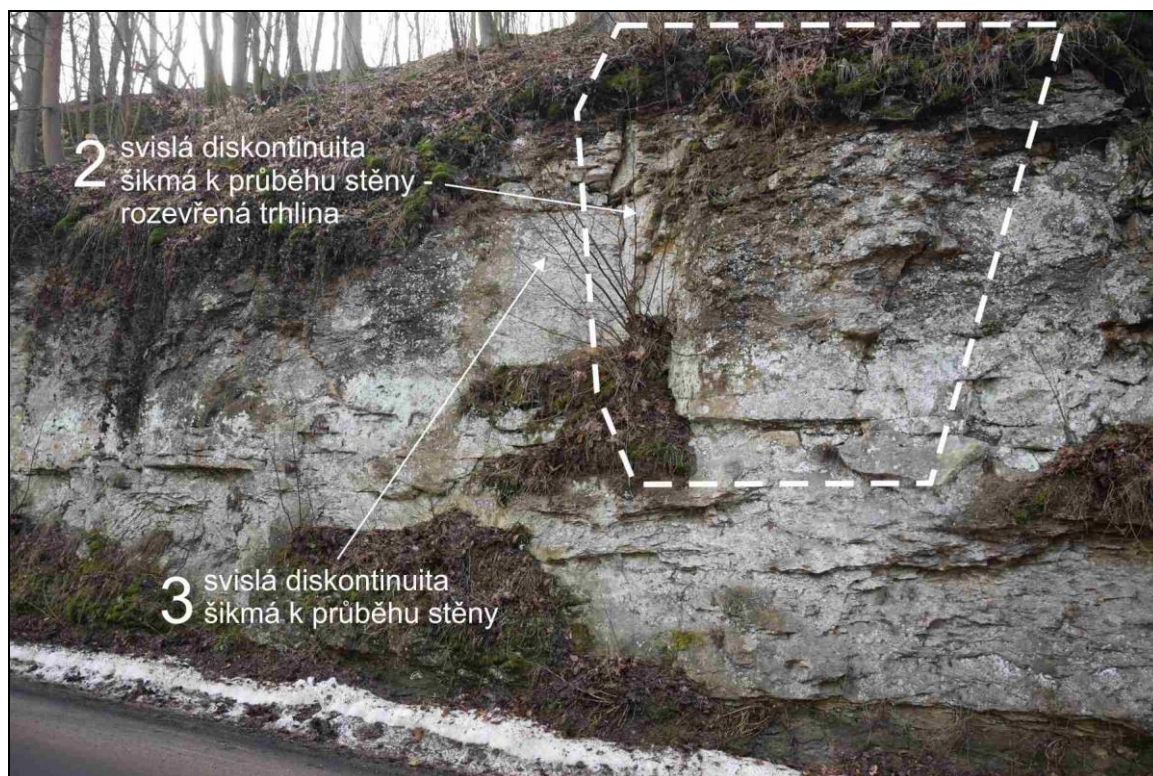


Foto 3 Nestabilní blok ve stěně odřezu silnice II/277 zvýrazněný bílým polygonem – celkový pohled.

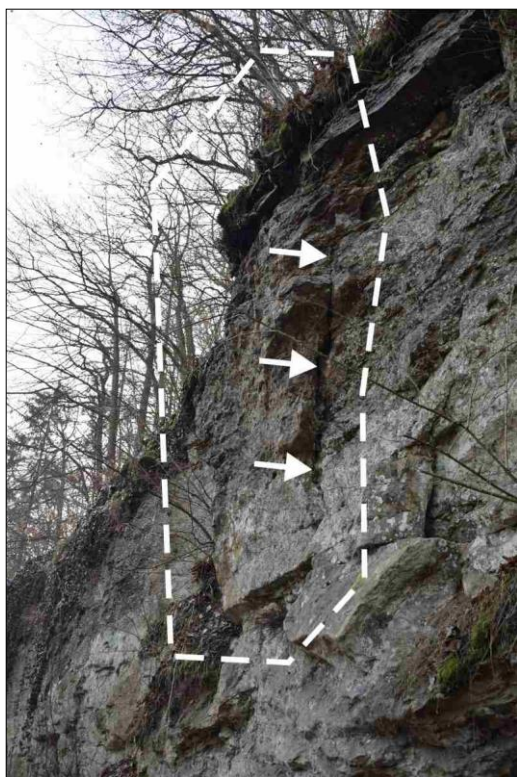


Foto 4 Nestabilní blok ve stěně (dtto foto 3) zvýrazněný bílým polygonem. **Vlevo** – pohled od severozápadu, **vpravo** – pohled od jihovýchodu. *Bílými šipkami* jsou zvýrazněny otevřené trhliny.

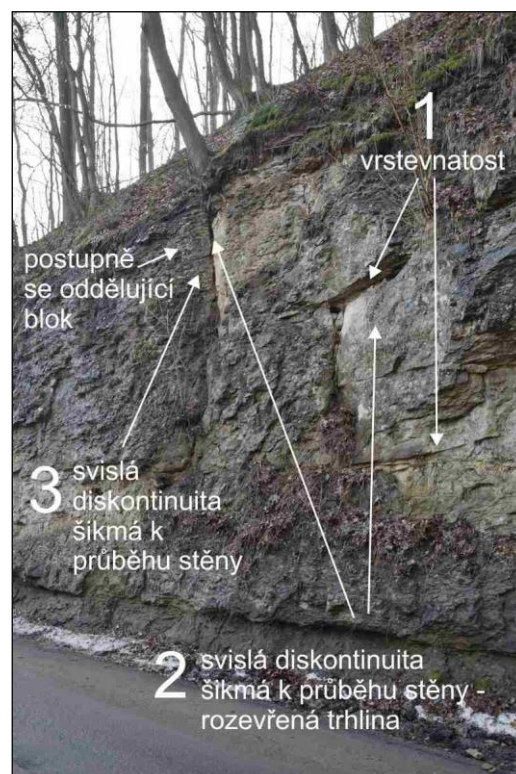


Foto 5 Ukázka interakce systémů diskontinuit 2 a 3 ve stěně vytvářející klínovité vhloubení. Otevřené trhliny na systémech diskontinuit 2 oddělují ve stěně nestabilní části. Na fotografii vpravo je dobře patrný nahnutý nestabilní strom v horní hraně stěny.

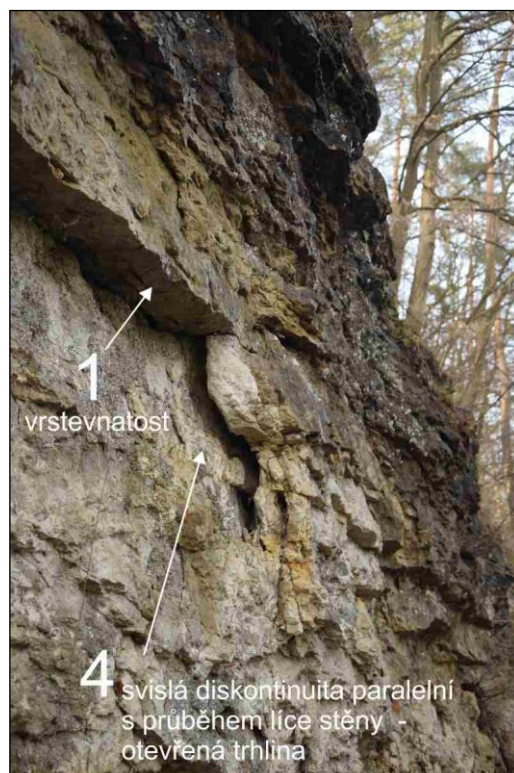
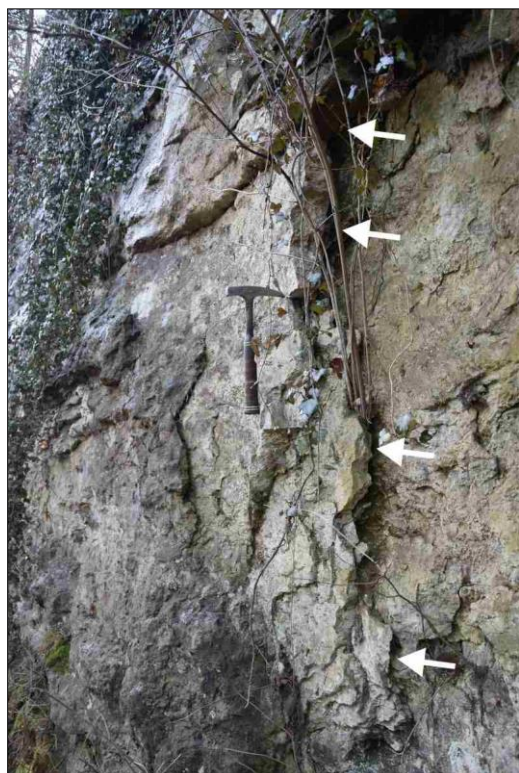


Foto 6 Ukázka nestabilních částí líce stěny vymezených systémem diskontinuit 4 (diskontinuity paralelní s průběhem stěny).



Foto 7 Vlevo – ukázka nestabilní části líce stěny vymezené systémem diskontinuit 4 (diskontinuity paralelní s průběhem líce stěny), **vpravo** – ukázka převislých částí v horní části stěny a volných bloků hrozících pádem.



Foto 8 Ukázka nestabilního bloku a převislé části v horní hraně stěny (vyznačeno bílým polygonem). Bílými šipkami je vyznačena otevřená trhlina.



Foto 9 Ukázka nestabilních převisů v horní hraně stěny (vyznačeno *bílým polygonem*).



Foto 10 Ukázka nestabilního silně rozvolněného líce stěny. Dobře patrná je hustá síť diskontinuit, které vyčleňuje dílčí bloky, v dané pozici velmi nestabilní a bezprostředně hrozící pádem.



Foto 11 Ukázka akumulace úlomků pískovců po řícení dílčí části stěny.



Foto 12 Ukázka akumulace úlomků pískovců po řícení dílčí části stěny (odlišná od foto 11). Dobře patrný je nedostatek akumulčního prostoru, který se projevuje dopadem úlomků až do prostoru samotné silnice II/277.



Foto 13 K nestabilitě líce skalní stěny přispívají i kořeny stromů penetrující podle diskontinuit do masivu. Po opadu nestabilní části dochází k obnažení kořenů, jak je patrné i z foto 13.



Foto 14 Obdobně jako na foto 13, obnažený kořen po dílčím opadu nestabilní části, dobře patrné jsou dílčí nestabilní úlomky v okolí obnaženého kořenu.