

Rozbor pádu na bouldermatku, jehož následkem byla zlomenina patní kosti

Autor

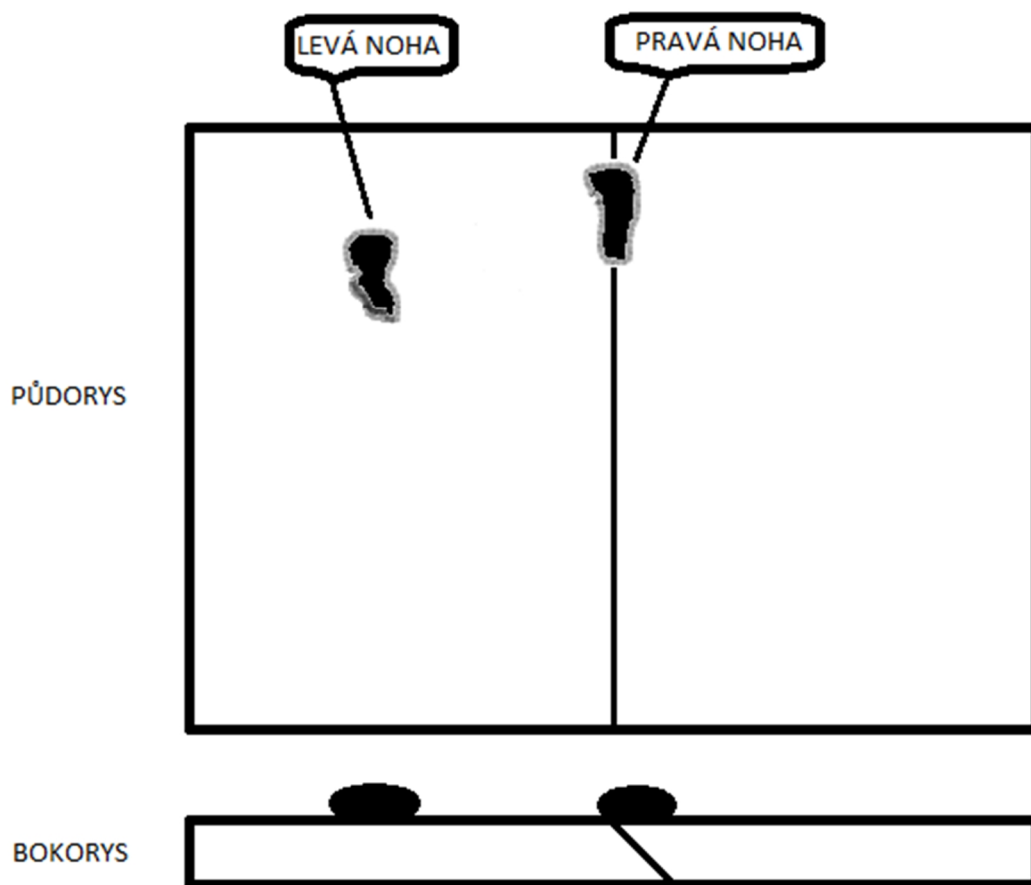
pepa.skrovad@seznam.cz

Místo a datum pádu

Škrovád , 23.3.2011

Fakta pádu

- Pád byl kontrolovaný z výšky 3 metry
- Postavení nohou při dopadu je znázorněno na následujícím obrázku



Postavení nohou při dopadu

- Subjektivní pocit při dopadu byl takový, že chodidlo pravé nohy, které dopadlo do místa spoje, „prošláplo“ bouldermatku bez většího odporu

- Při dopadu se podle svědků nezatížená část bouldermatky (na schématu výše ta vpravo) vymrštila směrem nahoru
- V místě dopadu chodidla pravé nohy byl kámen, který převyšoval terén o maximálně 2 cm
- V důsledku pádu vznikla na pravé noze zlomenina patní kosti
- Levá noha dopadla dovnitř levé části bouldermatky a toto se obešlo bez následků.

Technické parametry a popis bouldermatky od prodejce

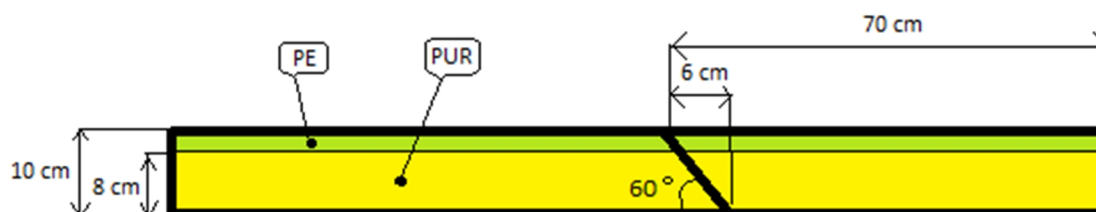
V materiálech prodejce byly následující údaje

- Rozměry bouldermatky: 140x100x10 cm
- Váha bouldermatky: 5 kg
- Dvě vrstvy sendvičové náplně jsou k sobě slepeny (20mm tvrdé PE pěny + 80mm PUR pěny)
- Bouldermatka má 45° pokos, který odstraňuje riziko prošlápnutí bouldermatky v místě rozdělení na dva díly.
- Uvedené informace jsou pouze orientační, před zakoupením ve vybraném obchodě doporučujeme ověřit, že prodávaný model má klíčové vlastnosti dle vašich požadavků. I když se snažíme o maximální přesnost informací, bohužel nemůžeme zaručit jeho 100% správnost.

Rozbor pádu

Text v tomto odstavci je mým osobním názorem na to, co se při pádu stalo a proč vedl až k zlomenině patní kosti.

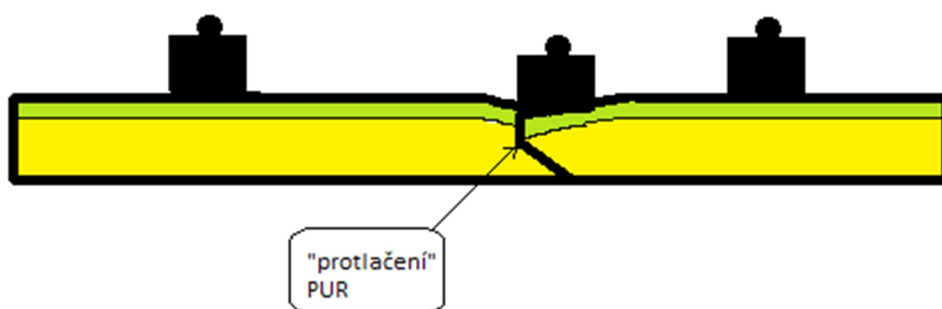
- Struktura bouldermatky je dle údajů prodejce a vlastního měření znázorněna na následujícím obrázku. Jediným rozdílem oproti údajům prodejce je sklon pokosu 60° (tj. $\arctg(10/6)$) místo udávaných 45° .



Struktura bouldermatky

- Na následujícím schématu je znázorněna deformace bouldermatky v místě pokosu, která vznikne, když na místo spoje působí síla a jsou-li zároveň zatíženy obě části bouldermatky.

Jedním z důvodů deformace je s velkou pravděpodobností svislá síla působící na svrchní tvrdší PE vrstvu pravé části, Tato vrstva pak působí na měkčí PUR vrstvu levé části v místě pokosu, čímž dojde k jejímu „protlačení“. Je nutné podotknout, že obě části jsou sice nahoře spojeny, nicméně je v tomto spoji vůle, které napomáhá i ostrý tvar pokosu pravé části bouldermatky. Nicméně si je zde nutné uvědomit ještě to, že pokos v levé části představuje šikmou plochu a tudíž vrstvy pravé části mohou mít tendenci se po této ploše posunout (působením rovnoběžné složky tíhové síly na šikmé ploše), což může vést prvotním posunem PE vrstvy k pozici usnadňující „protlačení“ PUR levé části. Posunu by měl bránit obal, nicméně ten má opět vůli.



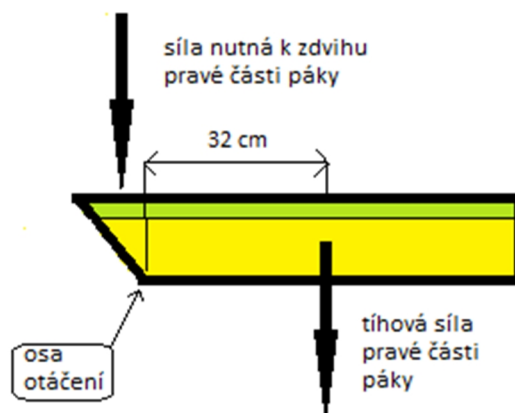
Deformace bouldermatky v místě pokosu

- Na následující fotce je zobrazena deformace bouldermatky popsaná v předešlém bodu. Místo spoje bylo zatíženo silou 490 Newtonů (osoba vážící 50kg stojící na jedné noze, tj. $F = m \cdot g = 50 \cdot 9,8$)



Deformace bouldermatky při pokusu

- Další fakt, který si zaslouží pozornost, bylo vymrštění nezatížené pravé části bouldermatky směrem nahoru. Pokud se přistoupí k zjednodušení a zanedbají se deformační účinky, tak se dají pro pravou část bouldermatky použít zákony mechaniky tuhého tělesa. Konkrétně se pak lze na pravou část dívat jako na páku, jejíž ramena mají délku 6 cm a 64 cm a osa otáčení je v nejnižším bodu pokusu. Moment síly pravé části této páky daný její hmotností vůči ose otáčení je 7,84 newton metrů (tj. $F \cdot d = m \cdot g \cdot d = 2,5 \cdot 9,8 \cdot 0,32$). Pokud budeme předpokládat působení síly na levou část páky blízko osy otáčení, dejme tomu v 2 cm od ní, tak k otočení páky je podle momentové věty potřeba síla větší než 392 newtonů (tj. $7,84 \text{ Nm} / 0,02 \text{ m}$). Schematicky je to znázorněno na následujícím obrázku



Pravá část bouldermatky jako páka

- Podle předchozího bodu by tedy po zanedbání deformací měla v místě pokosového spoje teoreticky stačit síla větší než 392 newtonů k tomu, aby se pravá nezatížená část bouldermatky nadzvedla. Následující obrázek demonstruje výsledek pokusu, při němž bylo na bouldermatku v místě pokosového spoje působeno silou 490 Newtonů (osoba vážící 50kg stojící na jedné noze, tj. $F = m \cdot g = 50 \cdot 9,8$). Pravá část bouldermatky se přitom nadzvedla a na jejím konci byla velikost zdvihu 3 cm. Většímu zdvihu zabránilo zastavení (překážka) v místě pokosu.

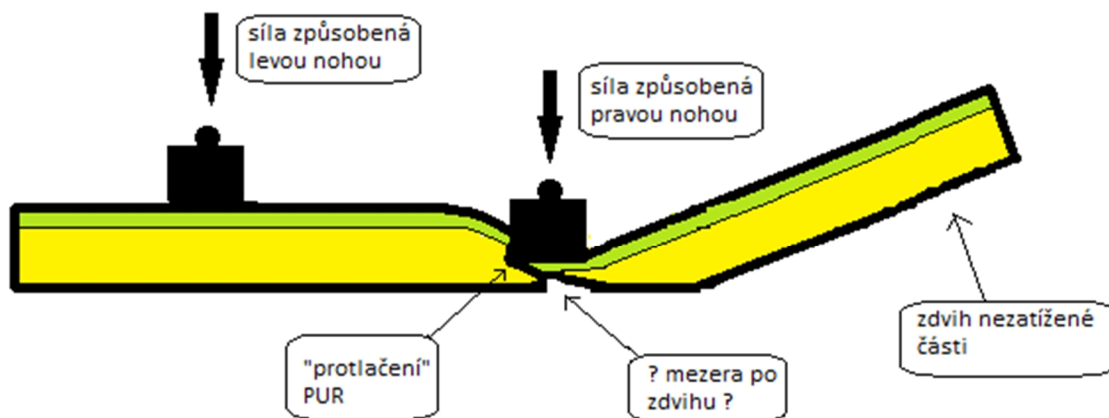


Zdvih pravé části bouldermatky při pokusu

- Autor tohoto rozboru se vyhýbá odhadu rázové síly vzniklé při pádu. Pro tento odhad si již nelze vystačit se znalostí mechaniky tuhého tělesa a je nutné brát v úvahu fyzikální vlastnosti a deformace tlumících materiálů. Pro hrubou představu této síly lze uvést následující

parametry. Doba pádu byla 0,78 sekund (tj. $\sqrt{2 \cdot s / g} = \sqrt{2 \cdot 3 / 9,8}$). Rychlost při dopadu byla tudíž 27,6 kilometrů v hodině (tj. $g \cdot t \cdot 3,6 = 9,8 \cdot 0,78 \cdot 3,6$). Hmotnost spočívající na pravé noze byla při dopadu 40 kg (tj. polovina hmotnosti těla). Tíhová síla nohy působící na bouldermatku při stání v klidu je při této hmotnosti 392 newtonů (tj. $40 \cdot 9,8$). Tato síla je řádově srovnatelná s silou 490 newtonů (odpovídající 50 kg) z pokusů výše. Rázová síla nohy musela být vzhledem k hmotnosti, rychlosti a délce dráhy tlumení mnohonásobně vyšší.

- Následující schematický obrázek znázorňuje předpokládané deformace bouldermatky během dopadu. Levá noha dopadla dovnitř levé části bouldermatky a ta absorbovala vzniklou energii bez následků. Pravá noha dopadla podélně do místa pokosového spojení blíže ke kraji bouldermatky tak, že pata nohy byla blíže k středu bouldermatky. Došlo zde pravděpodobně k výraznému protlačení PUR vrstvy levé části bouldermatky popsanému výše. Dále došlo k výraznému zdvihu (vymrštění) pravé části bouldermatky. Pravděpodobné důvody vymrštění jsou popsány výše. Vymrštění sice vedlo k absorbování části energie pádu, nicméně to ale také skoro o polovinu zmenšilo velikost styčné plochy bouldermatky se zemí, což velmi pravděpodobně zapříčinilo horší absorbování energie, než kdyby pravá část zůstala během pádu v těsnějším kontaktu se zemí. Není ani vyloučeno, že při vymrštění došlo pohybem (rozskočením) pravé části bouldermatky ke vzniku menší mezery mezi jejími částmi v místě spoje, tj. dopadu. Co však lze s jistotou říci je, že chodidlo pravé nohy z jeho větší části „chránila“ 2 cm vrstva PE. Jak velká byla pod chodidlem vrstva PUR je věcí dohady, nicméně zcela jistě to nebylo 8 cm. Přihlédne-li se ještě k faktu, že v místě dopadu chodidla pravé nohy vystupoval lehce nad úroveň terénu kámen (maximálně 2 cm), tak se zlomenina patní kosti jeví jako logický důsledek rozebíraného pádu.



Předpokládaná deformace bouldermatky během dopadu

Závěr

- Většina důležitého lezeckého vybavení, které slouží k prevenci úrazu, či dokonce smrti, musí splňovat určité bezpečnostní normy a výrobci ručí za udávané parametry těchto výrobků . Například u lana se udává rázová síla, smyčky mají nosnost, karabiny také atd.. Po prozkoumání materiálů několika výrobců bouldermatek jsem nenašel žádné parametry týkající se jejich bezpečnosti. Co je třeba zdůraznit je, že fyzikálně je zde daleko složitější udat a ověřit bezpečnostní parametry typu bezpečná výška dopadu, protože je zde např. ve srovnání s lanem, karabinou, nebo smyčkou daleko větší variabilita případů, které mohou při pádu na bouldermatku nastat. Důsledkem je, že „stupeň bezpečnosti“ se může na ploše bouldermatky měnit. To, že **výrobci bouldermatek nezaručují jejich bezpečnost** by měl mít jejich uživatel při jejich používání stále na zřeteli.
- Co bohužel dále **chybí** v mnou zkoumaných materiálech výrobců bouldermatek je i **metodika a tipy jak bouldermatky používat**. S chybějící osvětou vzrůstá pravděpodobnost chyby při jejich použití a tudíž i pravděpodobnost potenciálního úrazu. To je ale velká škoda, protože **bouldermatky při správném použití zcela jistě zvyšují bezpečnost dopadu**.
- Co je ale z mého pohledu **nejzávažnější je časté používání superlativů v popisech vlastností bouldermatek bez současného upozornění na konkrétní rizika**. Potom se můžou objevit až tak extrémní případ jednostranného lživého tvrzení, jako ten zmíněný výše v tomto dokumentu - „Bouldermatka má 45° pokos, který odstraňuje riziko proslápnutí bouldermatky v místě rozdělení na dva díly“. Zmíněný prodejce se chrání větou - „I když se snažíme o maximální přesnost informací, bohužel nemůžeme zaručit jeho 100% správnost“. Bohužel podobným dovětkům věnuje málo lidí pozornost, což byl i můj případ. A slepá důvěra v polopravdu, či dokonce lež, se pak skutečně nemusí vyplatit, což platí nejen v lezení ☺.

Stanovisko výrobce

Bouldermatku jsem zakoupil na podzim roku 2007, nyní už se tento model nevyrábí. Nicméně zástupce výrobce mi k rozboru uvedenému výše ochotně poskytl doplňující informace. Považuji je za natolik důležité a zajímavé, že je uvádím nezkráceně a bez jakýchkoliv komentářů:

Dobrý den,

Ve Vašem e-mailu píšete, že očekáváte doplňující informace, nevím však co bych měl k Vaší studii doplňovat.

Nejdříve bych však ocenil rozsah a hloubku Vaší studie, protože s něčím takovým jsem se za celých 11 let výroby bouldermatek nesetkal.

Mrzí mne jen okolnosti, které Vás k tomu vedly...

Mohu snad jen napsat pár postřehů, které Vámi nejsou zohledněny nebo zmíněny.

- předmět: úraz při použití bouldermatky - spíše se jednalo o úraz při

boulderingu - úraz při použití bouldermatky by pravděpodobně nastal pokud by jste si jej způsobil přímo zmíněným předmětem

- jen těžko lze každý jednotlivý pád nasimulovat a už vůbec ne postihnout správně všechny fyzikální aspekty

- každý kdo začne provozovat lezecký sport by měl být schopen zvažovat veškerá rizika svého počínání a nést odpovědnost za veškeré důsledky pro sebe a své okolí

- technické připomínky: pro každý jednotlivý případ existují specifické podmínky (dopadový terén, jeho sklon atd.), způsob dopadu - co to je kontrolovaný pád?, existuje jeho definice? Jedná se o kontrolovaný pád, když chodidlo dopadá na místo spojení částí bouldermatek a ještě k tomu na paty?
- umístění bouldermatky - něco co výrobce absolutně nemůže ovlivnit a je dáno zkušeností jednotlivých lezců, např. proti zvedání části bouldermatky je umístěn suchý zip, který toto zčásti eliminuje, ale pouze do určité míry přizvednutí způsobeném nerovností terénu - to je moment, kdy se musí každý rozhodnout jestli bouldermatku obrátí "na záda", protože když to neudělá po došlápnutí se mu pod nohama zavře a může způsobit úraz...pokud ji obrátí měl by odepnout trák atd. (např. pokud je suchý zip zanesen nečistotami nemůže plnit svoji funkci)

- míra opotřebení bouldermatky - velmi důležité! - odpovídá nejen intenzitě zatěžování, ale i délce doby používání. PE i PUR pěny velmi rychle stárnou a mechanicky se opotřebovávají. Velmi aktivní lezci musí pěny měnit po cca. půl roce. Odhaduji, že Vaše matrace je po 4 letech používání někde na 30-40% původních vlastností!

- všechny tyto aspekty a nejen tyto by měl lezec vyhodnotit předtím vůbec než zvedne nohy ze země

- způsob jak používat bouldermatku si bohužel musí každý vyzkoušet sám, nemyslím, že výrobci lan uvádějí návod jak si nespálit nohy nebo ruce o lano při pádu nebo výrobci slaňovacích osem jak zamezit vpletení vlasů do osmy atd.

- zřejmě právě proto, že nelze přesně určit jak bude potencionální pád a jeho podmínky vypadat neexistují žádné normy na výrobu bouldermatek ani návody na jejich použití

- riziko zranění nohou (výrony, podvrtnutí, zlomeniny, odraženiny, natažení vazů atd.) je při boulderingu vysoké, ale rozhodně nelze hledat chybu u výrobce dopadových matrací - v žádném případě nelze při boulderingu počítat s tím, že pokud si pod nohy dám jakoukoliv matraci nemůže se mi nic stát!
- za superlativy a zkreslené informace o výrobcích u prodejců rovněž nenese výrobce odpovědnost

Nevím jestli jsem Vám nějak pomohl, ale doufám, že Vás úraz nohy neodradil od lezení, které považuji za jeden z nejhezčích i když nebezpečných sportů.