

Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta filozofická

Bakalářská práce

Informační potenciál tzv. spečených valů

Vladař Dominik

Plzeň 2018

Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta filozofická

Katedra archeologie

Studijní program Archeologie

Studijní obor Archeologie

Bakalářská práce

Informační potenciál tzv. spečených valů

Vladař Dominik

Vedoucí práce:

PhDr. Ladislav Šmejda, Ph.D.

Katedra archeologie

Fakulta filozofická Západočeské univerzity v Plzni

Plzeň 2018

Prohlašuji, že jsem práci zpracoval samostatně a použil jen uvedených pramenů a literatury.

Plzeň, duben 2018

.....

Poděkování:

Děkuji vedoucímu mé bakalářské práce, panu PhDr. Ladislavu Šmejdovi Ph.D., který mě díky svým rozsáhlým vědomostem a ochotě dokázal nasměřovat a podpořit. Dále také děkuji ostatním vyučujícím z katedry archeologie za jejich cenné rady a čas, který mi věnovali při řešení dané problematiky.

Obsah

1 Úvod	1
1.1. Cíle práce	1
2 Historie bádání	2
3 Charakteristika	5
4 Hypotézy	6
5 Geografické rozšíření	10
5.1 Lokality	11
5.1.1. Hradiště u Plzně	11
5.1.2 Vrch Vladař u Žlutic	13
5.1.3. Katovice	15
5.1.4. „Val obrů“	17
5.1.5. Torsburgen, Gotland	19
5.1.6. Darsgärde, Uppland	20
5.1.7. Broborg, Uppland	21
5.1.8. Nyby, Södermanland	24
5.1.9. Stenby, Södermanland	26
5.1.10. Kollerhorg, Närke	26
5.1.11. Bårfåna Skans, Västmanland	27
5.1.12. Omhällsborg, Närke	28
5.1.13. Borgaherget, Närke	29
5.1.14. Ullavi Klint, Närke	29
5.1.15. Norsborg, Värmland	30
5.1.16. Glauberg a Altkönig	30
5.2. Studium vzorků	36
5.3. Experimentální činnost	38
5.3.1. The Torr	39
5.3.2. Technika stavby fortifikační zdi z doby železné	43
5.3.3. Stavba vitrifikované zdi	48

6 Závěr	57
7 Resumé.....	59
8 Seznam použité literatury.....	61
9 Přílohy.....	63

1 Úvod

1.1. Cíle práce

Cílem práce je popsat geografické a chronologické rozšíření tzv. spečených valů na hradištích v rámci Evropy a zhodnotit publikované hypotézy o vzniku tohoto fenoménu. Pokusím se rozpoznat, zda se v souboru shromážděných nalezišť nachází různé skupiny definované jejich strukturujícími vlastnostmi, např. stavební konstrukcí, petrografií použitého materiálu, předpokládaným účelem využití apod. Téma budu řešit především na základě dostupné literatury, podle možností využiji i vlastní pozorování (rekognoskace lokalit, studium vzorků).

2 Historie bádání

Termín tzv. spečených valů je znám nejen u nás, ale vyskytuje se i po celé Evropě. Na otázku proč tato pravěká hradiště s množstvím propáleného materiálu vznikla, se již snažilo odpovědět mnoho archeologů. Mezi české badatele zajímající se o tuto problematiku můžeme řadit např. L. Šnajdra, který již v roce 1893 píše své připomínky z pozorování ze západních, středních a východních Čech. Ve svých pracích popisoval množství vypálených kamenů, uhlí či popela nacházející se v souvislosti těchto valů (Šnajdr 1893, 489 – 492).

V průběhu času se začal pohled jednotlivých badatelů, na tento pojem, odlišovat.

R. Turek se k existenci spečených valů staví negativně, a to z důvodu složité konstrukce na slovanských hradištích složených z poprsních kamenných ochranných zdí a dřevěných, hlínou vyplněných ochozů pro obránce (Turek 1948, 6).

Podle J. Filipa je důležité posoudit původní vzhled pravěkých hradišť a jejich stavební techniku. Domnívá se, že spečený val je druhotným útvarem a zároveň výsledkem destrukce opevnění dřevěného hradiště, v kombinaci kamene a sypkého materiálu. To pak mělo zaniknout mohutným, dlouhotrvajícím požárem (Blažíček, J. et al. 1949, 31-33).

Dalším badatelem, který již v minulosti zaznamenal přítomnost spečeného typu valu, je J. Maličký. Ten při svých výzkumech předslovanských hradišť poukazuje na chronologickou souvislost s dobou halštatskou a laténskou. Dále se zmiňuje o těchto valech jako o charakteristickém prvku pro Francii, Británii, jižní Německo a západní Čechy, pro které by tento prvek měl být nejcharakterističtější (Maličký 1950, 36).

Poměrně průlomová byla i práce od F. C. Friedricha. Ten se snažil tento fenomén zkoumat především pomocí chemického rozboru. Mezi lokalitu pro vybrání vhodného vzorku si vybral hradiště Kozel u Hostimi. Ve své práci pak popisuje chemické složení spečené hmoty a body tání látek. Nejvíce zastoupenou látkou je SiO_2 (70,32 %) a Fe_2O_3 - Al_2O_3 (21,50%). Bod tání pak stanovil na 1400° Celsia (Friedrich 1957, 130-138). Ve své další práci pak poukazuje právě na zmíněné vysoké procento SiO_2 , které by mohlo znamenat přidání písku z terasy řeky Berounky z důvodu zpevnění valu. Další jeho poznámka směřuje k samotnému spečení valu. Podle jeho teze se k tak mohutnému požáru o teplotách okolo 1400°C nemohl použít materiál z dubového či smrkového dřeva. Jedním z možných řešení tohoto problému, by mohlo být dřevěné uhlí. To dokáže uvolnit energii až 6000 Cal. B. Jelínek se v tomto případě domníval, že celý val byl spékán od vnějšku do vnitřku systémem jednotlivých vrstev s prokládáním kameny, pískem a dřevěným uhlím s vhodnou úpravou pro přívod vzduchu vzduchovými kanálky (spékání od vnějšku do vnitřku (Friedrich 1946,88-90).

S jistým vysvětlením a navázáním na tuto lokalitu s možností vzniku přispěl i F. Prošek. Podle jeho domněnky lze žárem pozměněné kameny z hradiště Kozel u Hostimi považovat za pozůstatek hutě na železo (Prošek 1950, 441-444).

R. Pleiner v jeho tezi pokračoval, avšak z trochu jiného úhlu pohledu. Ten se domníval, že na této lokalitě byla prováděna metalurgická činnost. Utrzoval ho v tom i fakt, že na množství struskovité hmoty jsou patrné vnitřní stěny šachet pecí. Strusku tak považuje za trosky stěn železářských pecí, nikoliv za vlastní strusku valu (Pleiner 1953, 790).

Fenomén tzv. spečených valů je jistě velmi zajímavým prvkem, jehož výskyt může na jednotlivých lokalitách znamenat odlišné důvody vzniku.

Jistě velkým příslibkem pro výzkum těchto hradišť jsou pokroky v archeologické metodologii, obsahující nyní i nejrůznější environmentální a materiálové analýzy, experimenty aj.

3 Charakteristika

„Vitrifikace je termín používaný k popisu konstrukce fortifikační stěny s obsahem skla či devitrifikovaných produktů, které jsou často interpretovány jako výsledek působení vysoké teploty“ (Wadsworth–Heap–Dingwell 2016, 7). K tomuto procesu může dojít při rozsáhlém požáru s poměrně dlouhou dobou hoření. V případě tepelně upraveného vápence pak spíše mluvíme o procesu kalcinace než-li o procesu vitrifikace. Kalcinaci pak můžeme sledovat např. na lokalitě Torsburg (Kresten – Ambrosiani 1992, 1). Často se také tyto stavby nazývají skleněnými hrady či struskovými stěnami. To však může být poněkud zavádějící termín především z důvodu, že struska je produktem metalurgické činnosti (Baitinger- Kresten 2012, 494). Samotná tavenina pak tvoří na povrchu fortifikace čokoládově-hnědý povlak. Jedná se zde především o množství biotitů, které reagovaly nebo rozpouštěly křemen a následně krystalizovaly ve formě orthopyroxenu společně se živci. Obecně lze říci, že se jedná o pozůstatky stěn, které pohromadě drží především matrice z křemičitého skla. Tuto sklovitou matrici lze považovat za analogickou s přirozenými vulkanickými křemičitými skly, obsidiánem aj. (Friend 2008, 3130).

4 Hypotézy

Samotná myšlenka o vitrifikaci jako o záměrném motivu byla navržena již v 18. století. Tento způsob myšlení byl přijat mnohými a obzvláště pak přírodovědci. Vitrifikace jako proces vedoucí ke zničení hradeb pak byla navržena Tylerem, a to již v roce 1790. Tento termín pak později trochu modifikoval Childe (1935) a společně s experimentální činností byla pak jeho teorie podporována mnoha archeology (Kresten – Ambrosiani 1992, 1-2).

Pohled na vznik vitrifikace či kalcinace se velmi různí až do dnešní doby. Mezi lokality s častým vysvětlením jako úmyslné jednání člověka můžeme poukázat na švédskou lokalitu Broborg, kde se našly důkazy jak o konstrukčních, tak i o destrukčních motivech (Friend 2008, 3130). Naopak pevnosti, které poukazují na rychlé ochlazování břidlicového materiálu pak pravděpodobně nasvědčují o náhodném či destruktivním podpálení (Kresten – Ambrosiani 1992, 1).

Je patrné, že pro pojem vitrifikovaných pevností neexistuje žádné univerzální řešení a široké zobecnování jsou zde zcela neoprávněné. Je zde totiž velmi pravděpodobné, že výsledky tání hornin vyplývají z různých procesů. Některé produkty se zdají býti velmi blízké výsledkům činností kováren, v jiných se pak mohlo jednat o konstrukční aplikaci s motivem zpevnění opevnění či naopak destruktivní motiv nepřátel s úmyslem zničit hradby (Kresten – Ambrosiani 1992, 1-2).

Této hypotézy se zastává např. Mackie, který považuje proces záměrné vitrifikace spojený s posílením zdí za neobhajtelný a argumentuje, že spálení zdi neslouží k jejímu posílení, ale k místní nestabilitě a kolapsu. To vedlo k formulaci hypotézy popisující destrukci hradby požárem. Podporou jeho teorie byl i fakt, že v mnohých případech

k této vitrifikaci dochází v období ukončení osídlení dané pevnosti. Tuto teorii pak podporují i konvenční argumenty založené na výzkumu odkryvem a experimentální práci (Wadsworth–Heap–Dingwell 2016, 7).

Zde je nutno poznamenat, že skutečně existuje dostatek důkazů, že vystavení vysokým teplotám obecně snižuje objemovou pevnost stavebních materiálů indukováním mikrotrhlin. Na základě důkazů ze spékacích pokusů na skleněných fragmentech se však ukazuje, že slinování materiálu vede naopak k výrazné zvýšení pevnosti materiálu. Proto je v tomto případě důvod domnívat se, že vypalování hradeb až na teploty, kdy je dosaženo významné vitrifikace prostřednictvím slinování, pravděpodobně povede k výraznému posílení hradební stěny (Wadsworth–Heap–Dingwell 2016, 7).

Mackie poukázal i na to, že chemické analýzy neříkají nic o tom, jak byla teplota dosažena. Ještě méně pak víme o společenských motivech a činnostech obyvatel pevnosti v době jejího spálení (Friend 2008, 3130).

Teorie o vzniku vitrifikací či kalcinací

1. Náhodné

Vitrifikace je chápána jako doprovodný důsledek v souvislosti s požárem, ohništěm nebo kovárnou (Kresten – Ambrosiani 1992, 1).

2. Konstruktivní

Hlavním motivem zde bylo vytvoření pevnější konstrukce. „Vhodné horniny a palivový materiál, jakým je například dřevo nebo dřevěné uhlí, byly smíchány a spáleny. Tento proces se mohl uskutečnit buď na místě, nebo ve speciálně postavených pecích, z nichž byl materiál vytažen a použit pro "odlívání" hradeb“ (Kresten – Ambrosiani 1992, 1).

Mezi místa, kde rozsáhlé podpálení vedlo k velkému objemu taveniny řadíme např.: Broborg, Stenby, Kollerborg, Omhällsborg, Ullavi Klint, Norsborg. Na lokalitě Broborg se z důvodu použitého materiálu (který se zde nachází) lze domnívat, že se jedná o úmyslné a konstruktivní jednání člověka. Tuto teorii potvrzuje i fakt, že se jedná o dvě různé složky hornin, které jsou nezbytné pro proces vitifikace (Kresten – Ambrosiani 1992, 1).

Jiní pak naopak tvrdí, že rozsah, kterého vitifikace dosahovala nepoukazuje na konstrukční prvek, ale na velkolepou zprávu o destruktivní síle nepřátele (Ralston 1986, 17).

3. Destruktivní

Dřevěná stěna (např. murusgallicus) byla zapálena nepřáteli, přičemž zde oheň způsobil vedlejší proces částečného roztavení či kalcinování stavebního materiálu (Kresten – Ambrosiani 1992, 1).

Obvykle pórovitá tavenina s rychlým nástupem ochlazení není zastoupena na lokalitách: Darsgårde, Nyby, Borganäs. U všech tří případů bylo prokázáno, že se jednalo o spalování rodinných domů. Pro Borganäs nám historický záznam dává podrobnosti o řece, po které jeli nepřátelé s úmyslem zničit pevnost (Kresten – Ambrosiani 1992, 1).

Destruktivní podpálení vápencového opevnění: Torsburgen. "Kalcinovaná" pevnost se všemi důkazy o zničení požárem způsobeným nepřátelskými akcemi (Kresten – Ambrosiani 1992, 1).

Zde však je nutné připomenout, že samotný destruktivní motiv mohl být proveden i samotnými staviteli v období opouštění pevnosti (Wadsworth–Heap–Dingwell 2016, 7).

4. Rituální (Wadsworth–Heap–Dingwell 2016, 7)

Nedostatečná pramenná základna

Zde můžeme hovořit např. o lokalitě Bårfåna skans, Uvberget, kde se našly pravděpodobně propálené materiály o nízkých teplotách či neklasifikované nálezy z lokality Borgaberget. Obě tyto skupiny pak vyžadují více pozorování a výkopů (Kresten – Ambrosiani 1992, 1).

5 Geografické rozšíření

Fenomén vitrifikace či kalcinace můžeme sledovat v Evropě, Skotsku, severním Švédsku, jižním Portugalsku, západní Francii či v České republice nebo na Slovensku. Časový rámec tohoto fenoménu se rozprostírá od doby bronzové až do novověku. Pouze z Francie pak je známo více jak 80 takových objektů. Pokud bychom se v této souvislosti zaměřili na vitrifikované pevnosti v Británii, nelze je považovat za omezený fenomén s návazností na konkrétní region či epochu. (Baitinger-Kresten 2012, 494). V Německu bylo toto téma skleněných hradů zaměřeno v průběhu 19. až počátku 20. století, aby bylo téměř úplně zapomenuto po 2. světové válce. Mezi zastánce názoru o úmyslném spálení samotnými staviteli opevnění se v Německu v období dvacátých až třicátých let 20. století řadí F. Behn, R. Welcker a C. Schuchhardt. Od té doby se bohužel toto téma jen sotva řešilo. Jiná situace však byla ve Francii, Belgii, Skandinávii a na Britských ostrovech, kde jsou velmi dobře zachovalé vitrifikované pevnosti, které opakovaně podporovaly nové výzkumy, úvahy a diskuze pro interpretaci těchto „struskových“ hradeb (Baitinger-Kresten 2012, 494). Švédsko je obecně velmi bohaté na tento fenomén a dosud zahrnuje více než 1000 pevností s doklady vitrifikace. Doba výstavby se u většiny lokalit předpokládá do období stěhování národů (tj. 4.- 6. století n.l.). Všechna švédská opevnění prokazující jasné známky vitrifikace (s dobou nahlášení před rokem 1980) jsou pak zahrnuty na obrázku 1. Většina z nich se vyskytuje v blízkosti jezer Mälaren-Hjälmaren či poblíž Baltského moře v oblastech Tosburgen nebo Darsgårde (Kresten – Ambrosiani 1992, 2).

5.1 Lokality

5.1.1. Hradiště u Plzně

Do popředí zájmu se tato lokalita dostala již v 19. století, a to díky F. Olbrichtovi. Dále pak byla zmiňována i v práci L. Šnajdra, věnované problematice tzv. spečených valů (Šnajdr 1893,489 – 492). První odkryvy zde prováděl F. B. Horák, který pro tuto lokalitu nechal vytvořit i geometrický vrstevnicový plán s pozicemi jeho sond a nákresu řezu valem. Mezi další badatele, kteří se významně podíleli na poznání této lokality, řadíme i V Čtrnácta či V. Šaldovou (Šmejda et al. 2015, 28-29).

Toto hradiště se nachází asi 250 metrů severovýchodně od stejnojmenné obce, ve výšinné poloze v šíji meandru řeky Úhlavy. Často je také v písemných pramenech označována jako hradiště „Pod Homolkou“, „u Černic“ nebo „u Doudlevec“. Ve starších mapách pak nese název „Na Hradě“ (Šmejda et al. 2015, 26).

Vnitřní plocha hradiště má nepravidelný ledvinovitý tvar o rozloze 1,65 ha a je obehnána obvodovým valem, který je na východní straně doplněn mohutným předsunutým valem s vnějším příkopem (obr. 2; Šmejda et al. 2015, 27). Obvodový val pak své největší robustnosti dosahuje především na severní straně, kde přepažuje směr nejsnadnějšího přístupu k hradišti. Destrukce tělesa valu je podle výskytu přepáleného materiálu pozorovatelná po svahu až do hloubky 10-12m. „Stopy intenzivního požáru jsou rovněž patrné po celém obvodu vnitřní plochy“ (Šmejda et al. 2015, 28).

Za nejstarší stopu lidské aktivity z tohoto sídliště lze považovat tenkou vrstvičku s vysokým obsahem zuhelnatělého rostlinného materiálu. Tu bylo možno díky radiokarbonovému datování zařadit do 17./16. stol. př. Kr. Na tuto vrstvu pak nasedá nevelké valové těleso, navršené ze světlejší

písčité zeminy s doklady palisády, jež je možno považovat za nejstarší doloženou fortifikaci na lokalitě. Pomocí nálezů keramiky a radiokarbonových dat ji lze zařadit do tzv. předmohylového horizontu Bz A2/B1. Asi 3 metry od zmíněného valu se nacházely žlabovité objekty pro ukotvení vertikálních prvků, které lze pravděpodobně synchronizovat s palisádovým žlabem. Celou tuto situaci pak překrývají hlinité vrstvy. Patrně se tedy jedná o mladší přestavbu fortifikace ve dvou (rychle po sobě jdoucích) fázích. Datace této fortifikace pak spadá do střední doby bronzové (Bz B2/C) se kterou lze spojit i stopy požáru s množstvím uhlíků, mazanice a především s destrukcí kamenného líce hradby, jejíž spodní část se dochovala in situ (Šmejda et al. 2015, 31-32).

Další fázi opevnění lze předpokládat i v pozdní době bronzové. Konstrukční podobu fortifikace v této době mohlo tvořit dřevohlinité opevnění valového charakteru či použití komor vyplněných zeminou. Nelze však ani vyloučit použití stavebního materiálu při výstavbě hradby v pozdní době halštatské (Šmejda et al. 2015, 32).

Doba halštatská na rozdíl od předchozího období zanechala poměrně dobré pozůstatky, a to především v podobě dochování spodní partie čelní kamenné zdi. Stále zcela jasně nezodpovězenou otázkou zůstává konstrukce této hradby. Dřevěné prvky provazující čelní kamennou plentu s vnitřní hmotou hradby nebyly v místě odkryvu nalezeny, ačkoliv byly místy mezi kameny objeveny zuhelnatělé fragmenty dubového dřeva, které by pravděpodobně mohly být pozůstatkem dřevěné konstrukce. Radiometrické datování tohoto dřeva ukazuje s největší pravděpodobností na zařazení do pozdního halštatu až časného laténu. „Líc kamenného čela hradby se během ničujícího požáru zřítíl a vytvořil vrstvu, která obsahuje žárem rozpraskané kameny až do podoby sypké drtě i četné doklady různě velkých kamenných bloků natavených při vysoké teplotě. Tento fakt rovněž svědčí pro nezanedbatelný podíl dřeva

v původní konstrukci.“ S pozdně halštatskou fází lze tedy spojit starší zprávy o přítomnosti „spečeného valu“. Rozvalené trosky z pozdně halštatské hradby pak nejspíše tvořily v době laténské povrch, který nebyl po delší dobu nijak upravován (Šmejda et al. 2015, 34-37). Nutno však vzít v potaz, že absence stop po ohrazení na výšinných sídlištích s doklady osídlení je v mladší době laténské častým jevem (Venclová et al. 2008, 37).

Na popsanou situaci pak nasedají stratigrafické jednotky o mocnosti až 130 cm do červena propálené destrukce nejmladšího z doložených opevnění, jehož vnitřní i vnější líc stál na kamenném založení. Na nich leží vrstva spálených dřevěných prvků, kladených příčně na osu valu (obr. 3). Nad úrovní dubového roštu se v hlinitopísčitém propáleném materiálu nacházela vrstva středních až velkých kamenů s rovnoměrným rozprostřením mezi čelem a týlem hradby. Na tuto vrstvu pak nasedá do červena propálená písčítá zemina. Dataci této nejmladší pravěké fortifikace, lze zařadit pouze na základě radiokarbonového datování dřevěného roštu do střední doby hradištní (Šmejda et al. 2015, 37).

Poslední fázi fortifikačního systému pak můžeme sledovat až v období raného středověku ve spojení s destrukcí čelní zdi (Šmejda et al. 2015, 38).

5.1.2 Vrch Vladař u Žlutic

Mezi prvními, kdo se o této lokalitě zmiňuje, byl již Václav z Libočan, který ve své kronice popisuje rozsáhlé opevnění, které Vladař obklopuje. V druhé polovině 19. století pak byla tato lokalita zařazena mezi významná pravěká hradiště (Chytráček 2011, 276).

Vrch je izolovaným vulkanickým tělesem vypínající se jihozápadně od města Žlutice. Samotné sopečné těleso pak má tvar komolého kužele o

elipsovitě základně, jejíž delší osa dosahuje délky okolo 1km (Chytráček 2011, 274).

Celá fortifikační soustava složená z vícenásobně členěného předhradí a akropole se rozkládá na celkové ploše 115,3ha (obr. 4; Chytráček 2011, 278).

Vícenásobně členěné předhradí zahrnuje celkovou plochu o rozloze 98,8ha a tvoří ji dva paralelní příkopy, provázané na nejsnadnějším místě přístupu valem. Celkem byly v oblasti předhradí rozpoznány tři stavební fáze. K dataci těchto fází přispěly nálezy zuhelnatělých dřev, které byly zařazeny do doby halštatské až laténské (Chytráček 2011, 279-280).

Obvodová fortifikace opevnění akropole pak má rozlohu 13,4 ha a rozkládá se nad údolím řeky Střely. Celkem na akropoli směřují tři cesty ústící do bran. V severním obvodu akropole se pak podařilo nalézt 5 stavebních fází opevnění. Ty se vztahovaly k obdobím od mladší doby bronzové až po časný latén. S poslední fází hradby, která pravděpodobně spadá do 1. století př. Kr., je pak spojen mohutný intenzivní požár s pozůstatky zuhelnatělých dřev a množstvím struskovitě rozvalených čedičových bloků. (Chytráček 2011, 278-279).

Tato nejmladší fortifikace měla šíři 5 metrů a její svislé sloupy v líci odpovídaly typu konstrukce Pfostenschlitzmauer. Klešťovitě formovaná křídla některých z bran pak mohou připomínat obranné stavby oppid. V této souvislosti je však nutno podotknout, že vrch Vladař v posledních dvou stoletích před začátkem letopočtu nebyl oppidem, nicméně charakteristickým opevněným areálem bez většího množství stálých obyvatel. (Chytráček 2011, 330).

Při výzkumu cisterny z plochy hradiště se pomocí pylových analýz podařilo určit, že mezi lety 80 a 51 př. n. l. klesají křivky většiny

antropogenních indikátorů. V této době však také můžeme sledovat vrstvu s příměsí uhlíků s obsahem kovů a sklovité hmoty z roztavených čedičů. „Na základě těchto nálezů můžeme usuzovat o ničivém požáru, který zachvátil akropoli hradiště.“ V následujícím období (30 př. n. l.) byl pak vrch Vladař definitivně opuštěn a s ním i celá jeho okolní krajina. Opuštěné sídliště pak začalo zarůstat lesem (Chytráček 2011, 296). Tento zánik tedy nastává o něco později, než jsou z hospodářsko-politických důvodů opuštěna oppida. Nelze však této lokalitě upřít jistou prestiž a politický význam srovnatelný s centrálními sídly (Chytráček 2011, 330).

5.1.3. Katovice

Katovická hora představuje dominantní vrchol nazývaný místním jménem Kněží hora. Ta se pak nachází asi 1,5 km severozápadně od obce Katovice (okr. Strakonice) v jižních Čechách. Hradiště dosahující rozlohy okolo 8 ha (pokud bereme v potaz akropoli, vnitřní a vnější předhradí), má velmi dobře zachovalé složité opevnění. To je elipsovitého tvaru s délkou os 380 x 220 metrů. Jižní strana hradiště byla chráněna příkrým svahem, ostatní strany pak pásy několikanásobných hradeb. Akropole je pak tvořena protáhlou vrcholovou plošinou s opevněním po celém svém obvodu. Val je pak v oblasti předhradí nejmohutnější na západní, severní a východní straně, přičemž v západní části dosahuje převýšení z vnější strany oproti vnitřnímu předhradí 2-3 metry, ze severní a lépe přístupné východní strany až 4 metry a z jižní strany dosahuje pouhé 1-1,5 metru (obr. 5; Menšík – Král 2017, 5).

Tato lokalita byla, podle nálezů štípané industrie, osídlena již od období mezolitu. Největší intenzitu osídlení však měla v období raného středověku (Karásková 2017, 24). V období střední doby hradištní v této oblasti existovaly čtyři významné výšinné lokality, které pravděpodobně sloužily jako sídla místní elity. Mezi ně řadíme dvorec Hradec u Němčic a

tři opevněná hradiště: Hradiště u Libětic, Hradec u Řepice a Kněží hora u Katovic (Menšík – Král 2017, 5).

Toto hradiště se do popředí archeologického zájmu dostalo již v první polovině 19. století. Jednalo se však o výzkumy amatérského charakteru, o kterých máme pouze nepřesné informace. Lokalitu také navštívil i J. A. Ludikar, který na několika místech valů sbíral spečenou hlínu (obr. 6). Poté toto hradiště zobrazil i na první archeologické mapě Strakonicka (Menšík – Král 2017, 7).

V místech porušení je val složen z plochých a druhotně neupravených avšak často přepálených kamenů (Menšík – Král 2017, 5). Vnitřní konstrukce však je bohužel známa pouze nedostatečně. Původní konstrukce byla pravděpodobně tvořena dřevo-hlinitou roštovou konstrukcí s čelní nasucho kladenou kamennou plentou. I zde je možné sledovat červenou přepálenou kamennou suť s přepálenou hlínou a otisky po dřevěných konstrukcích. Dá se tedy předpokládat, že alespoň část hradby zanikla požárem. Zde je možné uvažovat, že opevnění nebylo budováno komplexně, ale etapovitě (Menšík – Král 2017, 21).

Mezi jednu z teorií o zániku hradiště patří násilný vpád na území jižních Čech. Tento fakt, pak lze spojit i se zánikem jedenácti hradišť na území jižních Čech. Všechny tyto hradiště jsou pak zařazeny do střední doby hradištní. Jedná se zde například o hradiště Bechyně, Branišovice, Hudčice, Katovice, Kuklov, Libětice, Litoradlice, Němětice, Písecká Smoleč, Řepici či Soběslav. Z těchto hradišť pak máme doklady požárů a doklady pravděpodobném násilném zániku (Karásková 2017, 31; Lutovský 2011, 203).

5.1.4., „Val obrů“

Mezi pravděpodobně nejstarší zmínku o tomto valu je údaj z listiny ze 13. století, kde se uvádí pod názvem „Fossagiganteum“, tj. „Val obrů“. První kdo představil tento dlouhý „spečený“ val, byl A. Kmeť. Ten ve své práci již rozlišuje mezi valy opevňující hradiště a liniovými valy, mezi které řadíme i tento diskutovaný val (Hovorka – Túnyi 2011, 49).

Stáří valu není doposud zcela zodpovězené, avšak pravděpodobná datace spadá do střední doby bronzové až raného středověku. Nejvíce v otázce časového zařazení pokročil T. Kolník, který po datování jednoho ze zuhelnatělých dřev (metodou ^{14}C) a zvážení podoby tohoto valu se přikláněl ke 4. stol. n. l. (Hovorka – Túnyi 2011, 49).

Tento val se rozprostírá od Dunaje směrem na sever při západním břehu řeky Hronu a jeho délka by měla dosahovat až 60 kilometrů (Hovorka – Túnyi 2011, 49). K dlouhým valům ve střední Evropě patří i valy mezi Dunajem a Tisou v Maďarsku, v Sedmihradsku, Srbsku a jiných evropských regionech.“ Výška tohoto konkrétního valu se pak pohybuje mezi 2,5 – 3 metry a šířka okolo 2- 4 metrů. Pozoruhodné je i rozdvojení valu a to od obce Bíňa a Kamenína až k Dunaji (obr. 7). Průběh valu tak připomíná tvar písmene „Y“. U obce Bíňa jsou pak zachovány dva relikty valů tvořící oblouky vyklenuté k západu. Přičemž oblouk blíže k obci je kratší a vnější val delší (Hovorka – Túnyi 2011, 50).

V té části, která směřuje do centra štiavnického stratovulkánu (např. zachovaný úsek valu při Pečenicích; obr. 8), byly základním stavebním materiálem různě velké bloky vulkanických hornin (převážně andezitů). Nejsvrchnější část valu pak reprezentují velké bloky struskovitých lávových těles, ve kterých po úniku vulkanických plynů a vodních par zůstaly (v převážně rychle tuhnoucí, ale přesto sklovité hmotě) početné a

různě velké póry (obr. 9). Ty mohly již v minulosti svádět k představě, že se jedná o žárem „spečené“ vulkanické horniny a hlinité sedimenty (Hovorka – Túnyi 2011, 51). Solidifikace (neboli tuhnutí) andezitové lávy je ukončená při teplotách okolo 860° Celsia. Opačný, tedy tekutý stav, pak nastává při teplotě nad 1150°Celsia. Takového teplotního efektu by pravděpodobně mohlo být dosaženo žárem při hoření dřeva (Hovorka – Túnyi 2011, 55).

S tím by pravděpodobně mohla být spojena i západní část od obce Bíňa, kde se našly vrstvy s proměnlivou mocností a výrazným zastoupením vyhořelé, původně organické, hmoty. Asi 1 m od uvedené polohy těchto hlín s podstatným podílem popela se nachází odskok přiléhajících segmentů valu do strany asi o 3-4m. Zde se pravděpodobně nacházel vstup do prostoru za val. Často se také uvažuje o dřevěné konstrukci v podobě strážní věže s funkcí vstupního otvoru. Shoření této konstrukce by jistě mohlo zapříčinit lokální výskyt organického materiálu (popela; Hovorka – Túnyi 2011, 52).

Z pohledu Š. Janšáka se tyto valy staly produktem úmyslně založeného ohně v zájmu zkvalitnění jejich vlastností (Hovorka – Túnyi 2011, 49). Pokud však vezmeme v potaz množství tepelně upravených částí tohoto valu, které se pohybuje mezi 1-3%, nedá se hovořit o jeho cílevědomém vypalování (Hovorka – Túnyi 2011, 55). Vysvětlením pro tuto situaci by tedy mohla být jakási obranná zeď proti východním trácko-skytským kmenovým seskupením, Kimerům, Skytům, Keltům, Dákům či jezdeckým oddílům nomádských Hunů (Hovorka – Túnyi 2011, 50).

Z důvodu tak velkého rozsahu, jaký má tento val, se nabízí otázka, jak velké množství materiálu je potřeba pro stavbu takového valu (obr. 10). Uvážíme-li, že val je 60 km dlouhý a 1m valového tělesa spotřebuje 15-20m³ materiálu, docházíme výpočtu 900 000 – 1 200 000 m³ kamene a

hlíny. To by představovalo přibližně 700 000 – 800 000 pracovních dní. Tato hodnota se jistě zvyšovala s připočítáním doby pokácení stromů, jejíž dřevěné prvky se následně zakomponovaly do objemu valu a mnoho dalších aktivit. Tato práce by tedy v provedení 10 000 mužů trvala asi 60 dní. Musíme však vzít v potaz, že před 2000 lety bylo osídlení mnohem řidší než dnes. Proto je možno uvažovat o otrocích či armádě (Hovorka – Túnyi 2011, 52).

5.1.5.Torsburgen, Gotland

Tosburgen je největší opevněná pevnost ve Skandinávii s celkovou rozlohou 112,5 hektaru (Kresten – Ambrosiani 1992, 2).

Fortifikace je asi 2 km dlouhá a až 7 m vysoká. Hradba se pak skládala z celkem pěti částí - vnější stojící suché kamenné zdi; sutiny z erodovaných balvanů; vnitřní, spálené vápencové zdi; přirozeně zvýšené pláže a vyvýšeného šterkového hradu. Datování metodou C14 a termoluminiscenční metodou ukazují, že stěna byla pravděpodobně postavena během doby římské a byla rozšířena během období stěhování národů, vendelského a vikingského období (Kresten – Ambrosiani 1992, 2).

Ve stěně pak bylo nalezeno velké množství dřeva společně s nažloutlým bílým drobivým materiálem, připomínajícím materiál objevený např. na lokalitách Crickley Hill a Leckhampton Hill. Bylo však obtížné získat přesvědčivé důkazy o působení tepla a interpretace se velmi odlišovaly -od přírodního vápenitého sintru až po hašené vápno; (Kresten – Ambrosiani 1992, 2).

Vyšetření rezidua nerozpustného ve vodě pak poskytlo důkaz o působení tepla. V kalcinovaném materiálu byl pak ještě přítomen křemen. Ostatní materiály byly však nahrazeny magnetitem,

maghemitem, fayalitem a hedenbergitem, což je sdružení typické například pro hutní strusky. Minerální shromáždění nacházející se v kalcinovaném materiálu naznačuje teploty přesahující 1000°C, případně 1100 ° C se silnými redukčními podmínkami. K tak vysokým teplotám přispěly také fáze illitu, který je tepelně stabilní a obnovuje se i po zahřátí na 1000 ° C. Absence illitu v kalcinovaném materiálu pak naznačuje minimální teploty kolem 1 100 ° C (Kresten – Ambrosiani 1992, 3-4).

5.1.6.Darsgårde, Uppland

Výzkumy odkryvem v Davarsgårde byly prováděny v letech 1957-60 a bylo během nich nalezeno velké množství vitrifikovaného materiálu (Kresten – Ambrosiani 1992, 4).

Osídlení na hřebeni 35m vysokého kopce se zde datuje do konce doby bronzové. Projevuje se především sazovitě černou vrstvou bohatou na keramické nálezy, které se nacházejí v trhlinách a nižších úrovních. Datování je mimo jiné potvrzeno i nálezem bronzové sekery typu Mälar. Tato osada pak nebyla opevněna (Kresten – Ambrosiani 1992, 4).

Na konci rané doby železné (přibližně okolo roku 500 AD) byla osada opevněna. Pro pozůstatky opevnění svědčí i 1-1,5m vysoká stěna na západní a severní stěně (Kresten – Ambrosiani 1992, 4).

Doklady o opevnění máme především ze západní i severní stěny, kde bylo nalezeno několik vrstev pro 1-1,5m vysokou stěnu (Kresten – Ambrosiani 1992, 4).

Nejstarší vrstva je tvořena do červena propáleným kamením s humusem a kusy dřevěného uhlí. Jedná se pravděpodobně o zbytky konstrukce s dřevěným rámy naplněnými zeminou. Na západní straně zdi je však tato vrstva špatně zachována (Kresten – Ambrosiani 1992, 4).

Stěny pak byly zesíleny vnější kamennou zdí postavenou nasucho s vnitřními hradbami z ostrého kamene. Na západní straně byl umístěn hlavní vchod a brána s možnými zbytky věžovitých konstrukcí. Zjištěné základy domů jsou datovány do období stěhování národů. Rozsáhlý výskyt vitrifikovaného materiálu uvnitř základů pak zřejmě naznačuje vyhoření domů (Kresten – Ambrosiani 1992, 4-5).

Třetí etapa je reprezentována především vyplněním brány v západní stěně a ukládáním vitrifikovaného materiálu v severovýchodní části zdi, a to až do tloušťky 0,5m. Tento materiál se skládá ze směsi hlíny, jílu a hornin, které jsou spojeny velmi porézní taveninou. Podobný materiál byl nalezen v konstrukci domu uvnitř pevnosti. Ten byl pravděpodobně následně odebrán a vyhozen na severovýchodní stěnu hradby. Informace naznačují, že pevnost Darsgårde byla pravděpodobně vypálen z důvodu nepřátelské akce a samotný vitrifikovaný materiál byl pak použit jako zdroj stavebního materiálu (Kresten – Ambrosiani 1992, 5).

Při bližším zkoumání vitrifikovaného materiálu (středně až tmavě hnědého skla) lze sledovat povrch jen s velmi vzácně se vyskytujícími krystaly (pravděpodobně SiO_2 ; obr. 11). Skalní úlomky se pak na procesu tavby nepodílely. Často jsou tyto kusy hornin popraskané, s žilkami vyplněnými skelným materiálem. Zkoumané vzorky však poukazují na velmi viskózní taveninu bohatou na plyn, která proudila po povrchu materiálu. Zdá se však, že samotný ohřev netrval dlouho a tavenina samotná po dosažení země rychle vychladla (Kresten – Ambrosiani 1992, 5-6).

5.1.7. Broborg, Uppland

Lokalita Broborg kontroluje svou polohu "Långhundraleden", což je starodávná vodní trasa. První popisy vitrifikovaných hradeb z Broborgu

jsou od Erdmanna a Gihla. „Ten předpokládal, že vitrifikace byla způsobena požárem uvnitř pevnosti“ (Kresten – Ambrosiani 1992, 6)

Částečný výkop v Broborgu začal již v roce 1982 Lars Löfstrand. Předběžná datace stanovená pomocí metod C14 a termoluminiscence zařadila lokalitu do období stěhování národů. To bylo následně potvrzeno nálezem skleněných perliček – typickým prvkem pro toto období (Kresten – Ambrosiani 1992, 6).

Z výkopu bylo objeveno několik domů, což potvrdilo příslušnost této lokality do kategorie opevněných sídlišť. „Nejcharakterističtějšími znaky Broborgu je všudypřítomná vitrifikace stěny. Zdá se, že se jednalo o nasucho postavenou kamennou zeď vyrobenou z poměrně velkých balvanů s vnitřním šterkovitým valem. Na vnější straně zdi pak vitrifikace nebyla pozorována. Odlišnou podobu má okolí vnitřní stěny, na níž je vitrifikace patrná na mnoha místech. Hlavním vstupem do pevnosti byla brána na jihovýchodě“ (Kresten – Ambrosiani 1992, 6)

Základním stavebním materiálem jsou převážně granitické ruly společně s amfibolitem, který je středně až jemnozrný. Mezi další materiál můžeme také řadit balvany z metavulkanických hornin. Je důležité zmínit, že amfibolit hraje důležitou roli ve vitrifikačním procesu, což bylo následně i ověřeno pomocí chemických rozborů z roztaveného materiálu a přírodního amfibolitu (Kresten – Ambrosiani 1992, 6).

Předběžný magnetometrický průzkum na lokalitě Broborg (obr. 12) ukazuje, že rozdíly v magnetické citlivosti jsou dostačující pro nastínění rozsahu vitrifikace stěny“ (Kresten – Ambrosiani 1992, 7).

Měření teploty začátku tavení pomocí diferenciální tepelné analýzy poukazuje na teplotu okolo 1130 - 1075 ° C. Teplota samotné taveniny

v tekutém stavu byla pak stanovena na 1235 ° C (Kresten – Ambrosiani 1992, 7).

Pokusy byly prováděny v malé peci naplněné granitickou rulou společně s amfibolitem z okolí Broborgu. Palivem pro tento pokus bylo uhlí. Je zajímavé, že k tavení kamene nedocházelo v případě, že byla pec otevřena. Jiný výsledek by jistě zaručila situace s ohništěm zakrytým drny a travou uvnitř kterého by tah vedl k následné tavně materiálu (Kresten – Ambrosiani 1992, 7).

Stékající tavenina se na této lokalitě táhne po povrchu směrem dolů a poskytuje dostatečné důkazy pro potvrzení této hypotézy. Palivem zde pravděpodobně byly malé kusy zuhelnatělého dřeva/dřevěného uhlí s rovnými konci. To je patrné z dřevěných odlitků či otisků dřevěného uhlí, které se v tavenině zachovaly. Délka se zde obvykle pohybuje okolo 2-4 cm s průměrem okolo 2-3 cm. Tyto kusy se pak vyskytují ve skupinách, ale i v menších vrstvách (Kresten – Ambrosiani 1992, 7).

Co zde však naopak chybí, jsou odlitky (či dutiny), které by mohly být připsány přítomnosti dřevěných kulatin. Stěna byla pak na vrcholu hradby rozdělena na menší buňky, jejichž délka se odhaduje okolo 1-2m. Ty by měly naznačovat podobu dřevěné konstrukce (např. murus gallicus). Vitifikace se objevila především na úrovni horní vrstvy, která má tloušťku přibližně 30 cm. Pod touto vrstvou se pak nacházejí propálené balvany granitické ruly či velké dutiny (Kresten – Ambrosiani 1992, 7).

Po vytvoření tenkého řezu materiálem byla pozorována neprůhledná či průsvitná, hnědá či bezbarvá skla s krystaly či bez nich (obr. 13, 14). Přítomnost kapek pyritového a metallitového železa je pak často spojena s otisky struktury dřeva a svědčí o poměrně silných redukčních podmínkách (Kresten – Ambrosiani 1992, 7).

Je zřejmé, že amfibolit hrál pravděpodobně nejdůležitější roli v procesu vitrifikace. Tavenina plná plynů pak pronikla do prostoru mezi balvany a také sloužila jako tekutina, která vyvolala roztavení ruly a pevně stmelila celou vitrifikovanou hmotu (Kresten – Ambrosiani 1992, 7).

Na hřebenu valu lze pak pozorovat značné množství amfibolitu, který se obvykle vyskytuje v kusech o velikosti pěsti. Tato hornina se vyskytuje v geologickém podloží a také v ledovcovém balvanitém materiálu. Zdá se, že použité kusy jsou záměrně sesekané do velikosti pěsti či menší a nesplňují žádný zvláštní účel kromě toho, že jsou nezbytné pro vitrifikační proces. Proč by člověk z okolního prostředí shromažďoval amfibolit, zpracoval ho na kusy o velikosti pěsti a začlenil jej do hradby? Zvláště ve vrstvách nacházejících se asi 1 m pod povrchem. Smysluplnou odpovědí na tuto otázku by bylo vytvoření ohromného množství taveniny, která se po zahřátí vytvoří. Bez amfibolitu by byl proces vitrifikace mnohem obtížnější, pokud by však vůbec byl možný (Kresten – Ambrosiani 1992, 7).

Proto je Broborg při současném stavu znalostí považován za úmyslný, záměrný a konstruktivní akt člověka (Kresten – Ambrosiani 1992, 7).

5.1.8. Nyby, Södermanland

Pevnost Nyby leží v blízkosti řeky Nybyån. Opevnění má pak zdvojenou stěnu směrem na severovýchod, přičemž ostatní hranice jsou tvořeny útesy. Výkopy vnitřní stěny ukázaly následující stratigrafii (od shora dolů): půda s uhelnatě vypadajícími (možná přepálenými) skalními úlomky; štěrk - zčásti vitrifikovaný; saze a kusy uhlí; kamenitá půda. Celý profil měřil na výšku pouze 0,3 m (Kresten – Ambrosiani 1992, 9).

Vzorek prozkoumaného vitrifikovaného materiálu se sestával z hrubého písku, který držel pohromadě sklovitý materiál. V mikroskopu jsou vidět zrnka křemene a živce, která jsou v matici různorodého skla často prasklá, ale pouze zřídka roztavená (obr. 15). Můžeme mezi nimi rozlišit tři hlavní druhy: 1) čiré, bezbarvé sklo; 2) čiré, hnědé sklo; 3) neprůhledné, tmavě hnědé sklo. Druhy 1) a 3) se zdají být nemísitelné a oba vykazují jen omezenou smísitelnost se sklem 2) (Kresten – Ambrosiani 1992, 9).

Kompozitní heterogenita skel poukazuje na oheň, který materiály ovlivňuje lokálně intenzivním teplem, ale během poměrně krátké doby. Všechny důkazy naznačují, že dům byl spálen spíše rychle a násilně. Při tomto procesu se zdá, že bylo zapotřebí velké množství paliva (dřeva) a poměrně silný tah. Požár a následná tavba je pak patrná na sklovité hmotě, která pokryla hrubý písek či štěrk - čímž ho zpevňovala. Po požáru byla tato plocha vyčištěna a části zdi byly použity jako odpadní skládky (Kresten – Ambrosiani 1992, 10).

Další důkaz ve prospěch tohoto scénáře byl získán dalším odkryvem v místě asi 10 m od zdi, kde byla nalezena struska, spálené kosti a několik velkých kusů obdélníkového obložení (Kresten – Ambrosiani 1992, 10).

Pevnost Nyby je proto považována za dobrý příklad doprovodného procesu při destruktivních motivech nepřátel. Podle metody C14 se díky materiálu získaného ze dna stěny datace odhaduje na období kolem roku 1300 našeho letopočtu. Je tedy svým stářím srovnatelný s lokalitou Borganäs (Borlänge, Dalecarlia), která byla podle písemné zprávy zapálena v létě roku 1434 během vzpoury vedené Engelbrektem Engelbrektssonem (Kresten – Ambrosiani 1992, 10).

5.1.9. Stenby, Södermanland

Pevnost Stenby je umístěna na vrcholu kopce a měří v průměru asi 50 m. Je ze všech stran obklopena opevněním o maximální výšce 2,5 m, které je na severu a jihu doplněno o vnější valy (Kresten – Ambrosiani 1992, 11).

Na vitrifikaci poukazuje výzkum provedený v severní části vnitřní stěny. Balvany z granitické ruly jsou pak pokryty sklovitým materiálem, který obsahuje šterk a hlínu. V souvislosti s touto vrstvou bylo nalezeno dřevěné uhlí a kusy spáleného dřeva, zejména jeden propálený kvádr o tloušťce 5 cm a délce 1 m, který spočíval na jemném písku. Vrstva obsahující vitrifikovaný materiál měla tloušťku asi 0,5 m. Radiokarbonové a termoluminiscenční datování pak tuto situaci zařadily do období rozmezí 445-500 AD (Kresten – Ambrosiani 1992, 11).

Odebrané vzorky granitické ruly se známkami praskání, cementování a žihání byly podrobeny dalšímu zkoumání. Bylo zde pozorováno malé množství bílé taveniny a glazury ruly. V tenkém průřezu pak lze podrobněji sledovat pronikání základní taveniny do ruly. Na rozdíl od vzorku z Nyby se zdá, že různorodé sklo z lokality Stenby je smísitelné s dalšími materiály, použitými v konstrukci hradby. Chemické složení skel jsou mnohem homogennější a proces je srovnatelný např. s lokalitou Broborg (Kresten – Ambrosiani 1992, 11).

5.1.10. Kollerhorg, Närke

Tato lokalita se nachází v blízkosti jezera Hjälmaren. Na východní straně končí její plocha strmým svahem. Velikost pevnosti je zhruba 45 x 22 m a je obklopena opevněním na severní, západní a jižní straně, jehož linie je asi 53 m dlouhá, 2 -4 m široká a 1-2 m vysoká. Stěna je postavena z balvanů o průměru 0,2-0,7 m. Mezi první zmínku o této

pevnosti můžeme řadit zprávu od Schnella, který sám místo navštívil. Kilsberger pak o něco později nenalezl sice vitrifikovaný materiál, ale našel v jižní části zdi hojnost do červena přepálených bloků. Poněkud podobné výsledky přinesla i návštěva pevnosti P. Krestenem. Ani on nezpozoroval rozsáhlé známky vitrifikace až na dva kusy takového materiálu, které byly nalezeny uvnitř pevnosti u konstrukce, která je interpretována jako vnitřní stěna. Ta se rozkládá v jiho-centrální části pevnosti a nachází se přibližně 8-10 m severně od jižní (vnější) stěny. Její délka pak dosahuje 4 m, šířka 2m a na výšku má pouhých 0,2-0,4 m. Nutno zde však připomenout, že nalezené vzorky nebyly nalezeny v pozici in situ a tak spojitost s danou konstrukcí může být zavádějící. Odlišně pak lze přistupovat k vitrifikovanému materiálu z jižní části hlavní zdi s pravděpodobným umístěním in situ (Kresten – Ambrosiani 1992, 11).

Získané vzorky se pak podobají vzorkům, které se nacházejí například na lokalitách, jakými jsou Broborg či Stenby. Bloky granitické ruly jsou drženy dohromady tmavou, šedavě černou, velmi porézní taveninou. Vzácně pak i tenkou bílou vrstvou, porcelánově zbarveného skla. Tenká vrstva neprůsvitného skla pak obsahuje ještě zbývající stopy krystalů spinelu, pyroxenu nebo plagioklasů. Hnědé průsvitné sklo je pak na rozdíl od předchozího beze stop krystalů. Třetím typem je pak čiré, bezbarvé sklo. Původ tohoto skla pak zřejmě pochází z počátečního tavení živce z ruly (obr. 16; Kresten – Ambrosiani 1992, 11-12).

5.1.11. Bårfåna Skans, Västmanland

Západní část této pevnosti je ohraničena srázy společně s valy, které jsou asi 120 m dlouhé, 3-10 m široké a 0,3-1,2 m vysoké. Celková velikost ohrazeného návrší je pak zhruba 30 x 45 m (Kresten – Ambrosiani 1992, 12).

Schnell o této lokalitě uvádí, že balvany v severních částech zdi byly nahřívány tak vysokými teplotami až se rozpadly na ostrohranný štěrk. Při návštěvě P. Kresten opravdu zaznamenával nálezy ostrohranného štěrku. Doklady však o vyšší teplotě na této lokalitě nebyly nalezeny a proto je otázka o vitrifikaci této lokality stále otevřená (Kresten – Ambrosiani 1992, 12).

Tato lokalita však není jediná svého druhu. Mezi velmi podobné můžeme řadit farnost Uvberget, farnost Kloster, město Eskilstuna, Södermanland kde jsou také hlášeny ostrohranné balvany, avšak bez známek vitrifikace. Teploty však neměly být tak vysoké. Je tedy možno uvažovat o teplotách nižších než 400 °C (Kresten – Ambrosiani 1992, 12).

5.1.12. Omhällsborg, Närke

Omhällsborg se nachází na nejvyšším bodu kopce, který se svažuje směrem k severu, severovýchodu a severozápadu. Na jihu a na jihozápadě je pak umístěna pevnost samotná s dvojitými stěnami. Vnitřní stěna pak dosahuje délky 80m a vnější pak délky 140m. Obě jsou okolo 10 m široké a 1,5m vysoké (Kresten – Ambrosiani 1992, 12).

Nalézáný materiál vitrifikovaných hornin byl rozptýlen hlavně v okolí centra pevnosti. Předpokládalo se, že v Omhällsborgu sloužil oheň pro signalizaci a vitrifikovaný materiál byl jen výsledkem této činnosti (Kresten – Ambrosiani 1992, 12-13).

Materiálem nalézáným na této lokalitě je žula s tmavě šedou porézní taveninou. V tenkém průřezu jsou viditelné tři typy skla (obr. 17): tmavě hnědé - téměř neprůhledné sklo s drobnými žilkami živce; tmavě hnědé sklo - s bohatými plynovými inkluzemi a žilkami živce a bezbarvé sklo s bohatými plynovými inkluzemi. Bezbarvá tavenina je samozřejmě

odvozena od tavení živce v žule. Takže petrografická situace na této lokalitě je velmi podobná situaci v Broborgu či na lokalitě Kollerborg (Kresten – Ambrosiani 1992, 13).

5.1.13. Borgaberget, Närke

Borgaberget se nachází na kopci se strmým západním svahem. Tento kopec se rozprostírá na ploše 120 x 70 metrů a na severu a východě je pak ohraničen dvojitými opevněním, které je asi 100 metrů dlouhé a asi 1 m vysoké (Kresten – Ambrosiani 1992, 13).

Zájmový materiál z této lokality předkládá pouze jediný rozptýlený fragment, který se nacházel pod kořeny stromu a to v blízkosti hradby. Z důvodu absence výkopů na tomto místě však nelze potvrdit větší množství vitrifikovaného materiálu (Kresten – Ambrosiani 1992, 13).

Odebraný materiál je kusem granitu s množstvím šedé vezikulární taveniny s typickými vezikulami a žilkami vytvořených ze živce (obr. 18). Je patrné, že vytvořená tavenina pak postupně pronikala do žulového materiálu. Ale pouze malá část byla vytvořena z tavení žuly. Zajímavostí této lokality je složení neprůsvitného skla. To se totiž velmi odchyľuje od ostatních vitrifikovaných pevností. Obsah titanu prokazuje až extrémní hodnoty a podobně je na tom i hodnota fosforu (Kresten – Ambrosiani 1992, 13-14).

5.1.14. Ullavi Klint, Närke

Pevnost Ullavi Klint se nachází na kopci se strmými svahy směrem na severovýchod, východ, jih a jihozápad. Fortifikační linie pak má podobu srpku s délkou 100 m, šířkou 12 m a výškou okolo 3-4m. Ta obklopuje celý hřeben na severní, severozápadní a západní straně. Proces vitrifikace byl pak patrný pouze na jediném nalezeném vzorku a to poblíž jihozápadního boku stěny (Kresten – Ambrosiani 1992, 14).

Vzorek byl zde podobně jako jiné vzorky z granitového materiálu s pokrytím šedé, žilkované vezikulární taveniny, na které lze rozlišit jak hnědé tak i bezbarvé sklo, s krystaly či bez nich (obr. 19; Kresten – Ambrosiani 1992, 14).

5.1.15. Norsborg, Värmland

Norsborg se nachází na boku strmého kopce Hökberget. Linie opevnění, která obepíná tuto pevnost je pak okolo 100 m dlouhá, asi 6 m široká a 0,5 m vysoká. V jednotlivých částech stěny se vitrifikace projevuje struskovým charakterem povrchu, který zasahuje až 5cm hluboko do stěny samotné (Kresten – Ambrosiani 1992, 14).

Stavebním materiálem pro stavbu stěny je granitická rula. Když je tento materiál vitrifikovaný pokrývá a proniká do něj šedá vezikulární tavenina. Úlomky ruly jsou pak zaoblené a pokryté taveninou s porcelánovitým zbarvením (Kresten – Ambrosiani 1992, 15).

V tenké části jsou rozlišeny různé druhy skla - neprůhledné, čiré hnědé a bezbarvé (obr. 20). Některé druhy skla obsahují krystaly spinelu a živce (Kresten – Ambrosiani 1992, 15).

5.1.16. Glauberg a Altkönig

Mezi další lokality, u kterých můžeme pozorovat stopy spékání, řadíme i německé lokality Glauberg a Altkönig. Období života obou těchto pevností lze zhruba zahrnout do halštatského období až časně doby laténské. Obě byly chráněny identickým způsobem opevnění, které jsou podle W. Dehna typem Altkönig-Preist. Co se týče stavebního materiálu, v případě Glaubergu byly hradby složené z vulkanického bazaltu, zatímco u lokality Altkönig se jednalo křemenec (Baitinger- Kresten 2012, 494).

Glauberg

Již v devadesátých letech 20. století se na jižní plošině Glaubergu našly tři raně laténské mohyly. Samotná opevněná osada, která je považována za raně keltské knížecí sídlo, je pak situována na náhorní plošině na východním okraji Wetterau. Pravděpodobně se tedy jednalo o lokalitu, která je svým charakterem blízká lokalitám Heuneburg na Dunaji či Mont Lassois v Burgundsku. Vykopávky na náhorní plošině odhalily bohatý nálezový materiál charakteristický černo a červenofigurální keramikou. Není však pochyb o tom, že Glauberg měl významnou pozici ve struktuře osídlení pozdní doby halštatské až časně laténské. (Baitinger- Kresten 2012, 494).

Samotné opevnění z doby železné (obr. 21) pak lze zařadit do 6. stol. př. n. l. - tedy na přelomu stupňů Ha D2 a Ha D3. Právě v této době byla plošina o rozloze 8ha ohraničena stěnou typu Altkönig-Preist. Hradba chránila plochu o rozloze okolo 1,5 ha a byla doplněna příkopem. Sloupky v přední a zadní části této stěny byly pak v pravidelném rozestupu (1,3-1,9m). Konstrukce byla provázána pomocí příčných dřev. Šířka této hradby dosahovala ve zvláště citlivých místech (na jihozápadě a severovýchodě) až 5,3m a v méně ohrožených místech (na severu a jihu s částečnou ochranou pomocí strmých svahů) pouze 3m (Baitinger- Kresten 2012, 495).

Fortifikace, jejíž obsah tvořily převážně větší kusy čedičových kamenů měla zřejmě dlouhou existenci. To je naznačeno i opravou sloupku (po jeho zhroucení) v zadní části stěny. Tento aspekt je také důležitý pro samotné pochopení událostí, které zaznamenávaly konec existence zdi (Baitinger- Kresten 2012, 495).

Stěna zanikla zhruba v průběhu 5. století př. n. l. velkým požárem. Ve všech příkopech, které obepínají pevnost, to dokládají trosky spálené

zdi. Není tedy pochyb o tom, že stěna byla zničena ve své plné délce a nejednalo se tak pouze o lokální požár. Při tomto požáru však nedošlo pouze o zánik hradby, ale pravděpodobně i o zánik celé vnitřní zástavby. Oranžově červené jádro zřícené zdi bylo omezeno na centrální oblast přímo nad zemí. V této zóně pak byly nalézány roztavené bazaltové kameny s různou intenzitou tavení (obr. 22). Na těch pak byly patrné otisky dřev, které pravděpodobně byly v přímém kontaktu s roztavenými kameny (Baitinger- Kresten 2012, 495 – 497).

Dva vzorky analyzované P. Krestenem byly z lokality označeny jako GLB01 a GLB02 (obr. 23; Baitinger- Kresten 2012, 497).

Vzorek GLB01

Tento vzorek vykazoval porézni, téměř neprůhlednou taveninu s vysokým obsahem krystalizovaného materiálu. Z chemického složení je však v této bazaltické hornině větší obsah fosforu než by se v mateřské hornině dalo očekávat (Baitinger- Kresten 2012, 498).

Analýza skla v kontaktu s jádrem při výpočtu krystalizačních teplot poukazuje na teplotu jádra až 1140°C (Baitinger- Kresten 2012, 498). Tyto teploty tak svědčí o tom, že maximální teplota musí překročit 1200°C. Takovéto teploty však vyžadují - kromě potřebného paliva - silný vítr, který může podpořit rozvoj požáru uvnitř pevnosti napříč dřevěnými domy (Baitinger- Kresten 2012, 503).

Vzorek GLB02

Vzorek je velmi podobný předchozímu, avšak obsah krystalů ve tmavé tavenině je daleko menší. Olivinový křišťál opět ukazuje na homogenní jádro bohaté na hořčík, obklopené železitou směsí (č. 11-13). Krystalizační teploty v tomto vzorku dosahují poněkud nižších hodnot než

předchozí, a tj. 880°C uvnitř i vně vzorku. Tento vzorek také poukazuje na částečné vstřebávání křemenných zrn do taveniny (Baitinger- Kresten 2012, 499).

Altkönig

Vzhledem k tomu, že Glauberg dominuje především ve východní části Wetterau, tak Altkönig dominuje pohoří Taunus mezi řekami Mohanem a Rýnem. Tento křemencovitý hřeben je téměř 800 m vysoký a je obklopen dvojitou hradbou, k níž na jihozápadě přiléhá předhradí, obsahující příležitostný zdroj tekoucí vody (obr. 24). Ohraničená oblast pak pokrývá plochu 15 ha a předhradí dokonce 26 ha (Baitinger- Kresten 2012, 499).

A. von Cohausen a Ch. L. Thomas zde provedli archeologický výzkum již koncem 19. až počátkem 20. století se snahou objasnit konstrukci stěn. Podobně jako tomu bylo na lokalitě Glauberg se jedná o konstrukci typu Pfostenschlitzmauer Altkönig-Preist se suchým kamenitým materiálem v jeho přední části a rozestavěnými sloupy v jeho části zadní (obr. 25). Síla vnitřní stěny byla 6,5- 6,7 m a síla vnější stěny pak 2,5- 4m. Hloubka ukotvení těchto stěn byla pak okolo 30cm a byla zaplněna velmi velkými kusy křemene (Baitinger- Kresten 2012, 499-500).

Nálezy z odkryvů v Altkönigu, které jsou uloženy v Hesenském státním muzeu ve Wiesbadenu a v Archeologickém muzeu ve Frankfurtu nad Mohanem s časovým zařazením do období LT A, jsou zde velmi nepřilíš početné. Ačkoliv současný stav výzkumů neumožňuje přesnější informace o období života této lokality, nebude se pravděpodobně výrazně odlišovat od lokality Glauberg (Baitinger- Kresten 2012, 500-501).

Během výkopů na konci 19. století byly předloženy důkazy o zániku vchodové budovy (v oblasti brány) z důvodu požáru. Tuto teorii měly potvrzovat spečené křemičité materiály z této úrovně. 16. července 2007 se při návštěvě D. Baatze podařilo vyzdvihnout roztavený křemenec, který potvrdil informace pocházející z výzkumů z konce 19. století (obr. 26). Tavenina je tvořena čokoládově hnědou glazurou na třech stranách kamene (Baitinger- Kresten 2012, 501).

Oba vzorky, které se skládají z poměrně menších kusů (obr. 27) byly předány do hessenského státního muzea ve Wiesbadenu a byly podrobeny následné analýze (Baitinger- Kresten 2012, 501).

Vzorek ALT01

Jedná se o malý vzorek křemence pokrytý tmavou taveninou. Tato tenká část taveniny poukazuje na poměrně rychle stékající strusku. Samotný materiál pak signalizuje rychlé ochlazení, které můžeme vidět např. u strusky která je vytažena z pece (Baitinger- Kresten 2012, 501). Další indicií pro určení původu materiálu je přítomnost wüstitu. Tento minerál vytvořený redukcí železné rudy je typický pro hutní strusky a je tedy také charakteristickým prvkem pro pecní strusku (Baitinger- Kresten 2012, 502).

Analýza u některých vzorků, pak poukazuje na významné zastoupení fosforu, které by pak mohlo ve výsledku znamenat přidání tavidel (jako např. kostní moučky při výrobě železa). Vypočtená krystalizační teplota olivinu je 1124°C. Tato přibližná teplota vypovídá o dosaženém teplotním maximu taveniny (Baitinger- Kresten 2012, 502).

Vzorek ALT02

Tento vzorek, který se velmi liší od předchozího, je charakteristický obsahem neprůsvitné, velmi porézní taveniny se směsí často popraskaných křemičitých zrn (obr. 27; Baitinger- Kresten 2012, 502).

Provedené analýzy pak poukazují na vyšší obsah železa a zvýšený parciální tlak kyslíku, který spíše poukazuje na přítomnost pozůstatků výhně než-li pece. Tuto interpretaci podporuje i obsah vápníku, vysoké hodnoty manganu, hliníku a draslíku. Pravděpodobně se tedy jedná o zbytky kovářské strusky a resorbovaná křemičitá zrna poukazují na sekundárně uložený odpad z kovářské výroby. Možnost datování těchto strusek je však z důvodu velikosti a kvality značně omezena (Baitinger-Kresten 2012, 502).

5.2. Studium vzorků

Všechny zde uvedené vzorky byly nalezeny na lokalitě Plzeň Hradiště. Pocházejí z vrstvy, která vznikla po zřícení líce kamenného čela hradby během ničujícího požáru. Tato vrstva tak obsahuje žárem rozpraskané kameny i doklady natavených bloků při vysoké teplotě. Tento fakt tedy rovněž svědčí i pro nezanedbatelný podíl dřeva v původní konstrukci (Šmejda et al. 2015, 34-37). Potvrzení o obsahu dřev v konstrukci svědčí i zuhelnatělé dřevo či otisky dřeva na zkoumaném vzorku č.1. (obr. 28, 29).

Místní vzorky (proterozoické metabazalty; obr. 30) byly též podrobeny zkoušce v keramických pecích, kde byly roztaveny na přesně danou teplotu a to vždy s prodlevou 10 minut. Tato zkouška byla prováděna ve dvou keramických pecích souběžně, ve kterých byly vzorky postupně zahřívány na teplotu 800°C resp. 1300°C (obr. 31). Zatímco jeden ze vzorků horniny vykazoval zčervenání a mírné rozpraskání, druhý se změnil na taveninu s velmi nízkou viskozitou, která přetekla přes porcelánovou desku na dno pece (obr. 32; Šmejda et al. 2013, 165).

Tento proces popraskání materiálu z důvodu vysokých teplot můžeme sledovat u vzorku č. 2., který vykazuje projevy lámání hluboko až do jeho středu (obr. 33, 34). Přeměna surového materiálu v porézni, krémově hnědou taveninu, je pak znatelná u vzorku č. 3 (obr. 35, 36).

Přeměna v taveninu nízké viskozity, je pak nejlépe znatelná na vzorcích č. 4 (obr. 37) a č. 5 (obr. 38). Oba tyto vzorky vykazují povrch hladkou až kovově lesklou taveninou, která v místech odlomení vykazuje velmi vysokou pórovitost (pravděpodobně z nahromaděných plynů z tavícího se materiálu). Na vzorku č. 5 pak dochází k slnutí materiálu do jednoho konzistentního kusu.

Samotný materiál pórovité hmoty vytvořený na povrchu hornin pak můžeme sledovat u vzorku č. 6 (obr. 39). Tento vzorek s výrazně černou barvou je pemzovitého charakteru, jehož hlavní odlišností (od ještě tepelně nezpracované horniny) je hmotnost, která je znatelně menší.

Teplota, ke které mělo dojít k tavně materiálu byla podle makroskopického zkoumání vyhodnocena na 1166°C (obr. 40). Tato teplota byla potvrzena i mikroskopickým rozbořem či minerálním a strukturním složením. Vzorky, které byly vystaveny nižším teplotám (900°C, 1000°C, 1100°C a 1133°C), pak tento proces natavení nevykazovaly. Kromě potvrzení místních teplot byla při petrografické analýze naměřena i vysoká magnetická susceptibilita, která pravděpodobně poukazuje na přítomnost magnetitu, jehož vznik mohl být zapříčiněn natavením a rekrystalizací původního vulkanitu (Šmejda et al. 2013, 166).

5.3. Experimentální činnost

Experimentální činnost velmi napomáhá při poznání chemických aj. procesů, které bohužel nejsou archeologicky dohledatelné. Z tohoto důvodu je nutné kromě archeologie zapojit i jiné vědní obory. Mezi ně můžeme řadit například i geologii, a to z důvodu materiálu, ze kterého byly tyto starobylé památky postaveny (Kresten – Ambrosiani 1992, 2). Zde je možno připomenout metody pro výpočet krystalizačních teplot od W. P. Leemana a K. F. Scheideggera, které poukazují na reakci olivínu a taveniny s následnou distribucí prvků železa, manganu a hořčíku. Tato reakce pak závisí na teplotě a mj. také poodhaluje rovnovážné podmínky v materiálech. Získané hodnoty pak poukazují na minimální teplotu, která byla při procesu dosažena. Skutečné teploty tání však byly vyšší (Baitinger- Kresten 2012, 494).

5.3.1. The Torr

Tato pevnost z doby železné se nachází v severozápadním Skotsku. Její specifická podoba inspirovala výzkum za účelem pochopení vzniku podobného typu archeologických památek a procesu vitrifikace hornin použitých v opevnění. Některé pevnosti z doby železné v severozápadním Skotsku obsahují v reliktech fortifikací množství roztavené slídy. Krom odlišných názorů na vznik vitrifikace zde nastává otázka související s teplotou taveniny. Během dřívějšího modelování vzniku tavenin byly zjištěny teploty kapalné fáze (u skla) okolo 1050 až 1230 °C (Friend 2008, 3130).

Otázkou však zůstávalo, jakým způsobem by lidé z doby železné mohli získat tak vysoké teploty, které by způsobily taveninu horniny (Friend 2008, 3130-3131). S tím souvisel i použitý materiál konstrukce, který byl v některých případech příliš křemičitý na to, aby se alespoň částečně roztavil. V případě fortifikací zhotovených z metamorfních Moinských semi-pelitů dochází po zahřátí k roztavení biotitu v minerální směsi a následně reaguje, nebo rozpouští křemen, čímž vzniká kapalina s velmi odlišným složením. K lepšímu porozumění této situace pomohly také ochlazovací fáze taveniny. Chemie skla a množství ochlazovacích fází s obsahem orthopyroxenu, různých druhů spinelu, magnetitu, ilmenitu, živců a apatitu naznačují, že nejprve docházelo k roztavení biotitu, následované reakcemi mezi taveninou a jinými minerály. Jistě je také nutné zmínit, že při studiu pomocí elektronového mikroskopu byla v tavenině zpozorována řada doplňujících materiálů, které mají význam pro tavné směsi (např. zirkon, titanit, ilmenit či apatit; Friend 2008, 3132).

Experimentální vzorek horniny byl zahříván v peci při teplotě okolo 850°C po dobu 15 minut. Po jejím vytažení a vychladnutí se horní povrch skládal z dominantní slídové vrstvy. Ta se roztavila a vytvořila hnědavý

sklovitý povlak, který začal proudit po povrchu materiálu (obr. 41). Po vytvoření jeho průřezu (obr. 42) je patrné tepelné poškození ve vrstvách bezprostředně pod skleněnou vrstvou. Tyto účinky se snižují směrem ke spodní části materiálu, kde je v podstatě zachována původní minerální sestava (Friend 2008, 3134). Postupná proměna na tepelně indukovaný materiál se projevuje již ve střední části, a to především tvorbou malých bublinek, které směrem k hornímu roztavenému povrchu zvyšují svoji velikost. Samotný nástup roztavení je ve vzorku patrný především vroucím biotitem, který zapříčiňuje produkci velkého množství par vytvářejících bublinky. Biotit neobsahuje významné množství těkavých látek, ale pokud by byly přítomny ve významném množství, mohou výrazně zvýšit proces tavení. Vznik taveniny a následné rozšíření objemu par pohání taveninu po povrchu. Zajímavostí je, že tato tavenina a s ní zachycené bublinky, se zdály být orientovány proti působení gravitaci, směrem k povrchu. To zřejmě vypovídá o množství vytvořeného tlaku z par uvnitř vzorku. Předpokládá se, že zpočátku byla tavenina schopna pohybovat se k povrchu proti viskozitě kapaliny. Nárůst objemu bublin je pak způsoben zvyšováním množství uvolněných par (Friend 2008, 3137). Zrnka křemene, jak v uvedeném vzorku, tak i z jiných fortifikací, vykazují stopy rozpouštění (Friend 2008, 3134).

Na rozdíl od experimentálně použitého vzorku působil na originální materiál hradiště ohřev po delší dobu (více jak 15 minut). Možné je však i bližší umístění ke zdroji tepla. K tavení mohou výrazně přispět i některé z minerálů. Zde se jedná například o titanit, který se rozpadne, aby se krystalizoval anatas, který pak uvolňuje složky vápníku a křemíku do taveniny. Zatímco jiné, např. ilmenit či zirkon, se zdají být stabilní (Friend 2008, 3137). Omezená doba potřebná k výrobě a následnému vychladnutí taveniny má za následek složení s převládajícími slídami, jimiž jsou minerály s relativně nízkou hodnotou křemíku. Důvodem tohoto

nízkého zastoupení jsou velmi rané stavy tavení, kdy tavenina neměla moc času reagovat nebo rozpouštět křemen, čímž se stala ve svém složení křemičitější (Friend 2008, 3138).

Nízké zastoupení oxidu křemičitého lze také vysvětlit taveninami, uvnitř kterých nestačily vykrytalizovat minerály. Jedná se zde například o ilmenit či spinel. Ze vzorku z lokality The Torr se nalézají nově vykrytalizované fáze s relativně malým objemem taveniny, která vznikla za velmi krátkou dobu, po kterou zůstala tekutá. Totéž je patrné u vzorků se širším spektrem fází, které jsou odrazem delší doby ochlazování (až 2 dny; Friend 2008, 3139).

Regulovaná teplota pece byla 850°C, což je dostatečné pro způsobení rozpadu biotitů a zahájení tavení materiálu. Pokud tento experimentálně získaný výsledek porovnáme se situací na lokalitě The Torr, jedná se o důkaz tavení s nízkou teplotou tání. Mnoho nalezeného materiálu však nepochybně vzniklo za vysokých teplot v rozmezí 1050 – 1235 °C, což bylo zjištěno pomocí metody DTA a jiných (Friend 2008, 3142). Tento teplotní rozdíl je však možno vysvětlit jako důsledek přítomnosti těkavých látek, zejména vody, které v křemičitých systémech významně snižují teplotu tavení. Odhady založené na studiu ternárních živců a sanidinových kompozic naznačují, že se muselo jednat o teploty kolem 900°C. V této souvislosti se došlo k závěru, že teplota vzhledem k minerálům se velmi přibližuje teplotě získané pomocí experimentu. Dalším způsobem pro odhad teplot krystalizace je zkoumání distribuce prvků, buď v jedné minerální fázi nebo rozdělení prvků mezi současně existující fáze (např. páry olivinového skla). Použití této techniky umožňuje přímé odhady krystalizační teploty ve vzorcích z různých fortifikací za předpokladu, že krystalizují vhodné minerály za určitých podmínek. Je jisté, že v různých místech fortifikace se v chemii skla nacházejí různé odchylky. Primárně se však zajisté jednalo o produkci

z roztaveného biotitu a muskovitu, následované korozí a rozkladem křemene a živce. Z biotitu existuje i možnost produkovat dvě nesmíselné kapaliny, z čehož jedna je bohatá na železo a druhá na draslík. Teploty jsou však poněkud vyšší než 850°C. Zajímavostí na lokalitě je i vysoký obsah fosforu. Je tedy zřejmé, že předtím, než vitifikace vznikla, byl zde další materiál bohatý na tento prvek. Muselo se však jednat o materiál schopný hořet. Z tohoto důvodu se často spekuluje o kostech, které mohly být použity jako dekorace či zahrnuty lidmi z doby železné k umístění hrobu pod či do jádra opevnění. Bez možného výzkumu odkryvem se však jedná pouze o neověřené hypotézy. Nově získané údaje pomocí experimentální činnosti tak potvrzují hypotézu, že tavení nebylo zahájeno uvnitř žulového systému, jak bylo dříve uváděno. Podobnost výsledků experimentální činnosti s nalezenými vzorky z lokality The Torr (např. textura materiálu, geochemické údaje) je značná. Oba vzorky vykazují postupné rozložení obvykle dominantního biotitu slídy s následnou interakcí přilehlých minerálů. Ty pak reagují nebo se rozpouštějí do taveniny. Rozpad biotitu probíhá při teplotách okolo 850°C, čímž se dokazuje možnost tání materiálu za poměrně snadno dosažitelných podmínek (Friend 2008, 3141). Tavení začalo rozpadem biotitů, přičemž tavná kompozice byla postupně modifikována reakcemi zahrnující křemen a živce, rozpouštění silikátových fází či rozklad pomocných fází (např. titan) z původní minerální soustavy. Zdá se, že vzorky vykazující anomálie fosforu, pocházejí spíše z vnitřní části štěrku než z vnější části fortifikace. Vitifikované horniny můžeme vidět již na fortifikacích z doby bronzové. Pokud by se tento způsob úpravy opravdu podílel na způsobu konstrukce, mohl by patrně prodloužit životnost fortifikace. Pokud by se nejednalo o tento způsob využití, zaniklá fortifikace by pravděpodobně vypovídala o obležení pevnosti protivníky, kteří se ji snažili dobýt pomocí vypálení (Friend 2008, 3142).

Testování zmíněných hypotéz však zůstává i nadále velmi obtížné (Friend 2008, 3141).

5.3.2. Technika stavby fortifikační zdi z doby železné

Potvrzení o posílení stěn je založeno především na kontrolovaných experimentech tepelně ošetřených vzorků pískovce a jejich prášku, které jsou navrženy tak, aby představovaly bloky a dezagregovanou maltu, kterou obsahuje typická stěna z doby železné (Wadsworth–Heap–Dingwell 2016, 7).

Pro tuto studii byl vybrán pískovec z Darley Dale (Derbyshire, Anglie), a to především z důvodu jeho rozšířeného použití, složení či texturní a kompoziční homogenity. Počáteční minerální sestava tohoto pískovce obsahuje křemen (69% hmotnosti), živec (26% hmotnosti), jílu (2% hmotnosti) a slídu (2% hmotnosti). Průměr jednotlivých částic nebo zrn pak v pískovcových blocích kolísá mezi ~80 a 800 μm . Pro tuto práci bylo pak použito metody DSC v kombinaci s termogravimetrickou analýzou, která byla provedena pomocí simultánního tepelného analyzátoru (Wadsworth–Heap–Dingwell 2016, 8). „Tyto techniky ukazují vývoj specifické tepelné kapacity a hmotnosti vzorku při vysokoteplotní úpravě, které jsou kritické především pro interpretaci makroskopického vývoje vlastností, jako např. pevnost materiálu.“ Samotné vzorky pískovce byly pomalu ručně rozdrceny pomocí hmoždíře, aby se zabránilo působení tepla, které vzniká při mechanickém mletí. Následně samotné vzorky se vložily na platinové kelímky a zahřály až na teplotu 1400 °C (Wadsworth–Heap–Dingwell 2016, 8).

Teplotní závislosti tepelné kapacity pískovce z Darley Dale odhalují mineralogické změny s nástupem tavení (Wadsworth–Heap–Dingwell 2016, 8).

„Exotermická tepelná kapacita nastává při 1002°C pro vzorek zahřátý na 10°C min⁻¹.“ Jak tento proces zahřívání pokračuje, je exotermie následována tavicím procesem endotermie. Samotné tepelné zpracování vede k dramatickému zvýšení nebo poklesu tepelně zpracovaných jader a vzorků práškových agregátů (Wadsworth–Heap–Dingwell 2016, 8-9). „U vzorků s pevným jádrem (analogie pro velké bloky ve stěnách pevnosti), které jsou vystaveny vysokým teplotám, je nárůst porézności pravděpodobně zpočátku spojen s: a) mikrotrháním odvozeným od tepelného napětí nebo b) mikrotrháním spojeným s α na β křemenný fázový přechod, který je doprovázen nárůstem objemu v křemenné mřížce. Při zvýšení teploty z 800 na 1000°C se zvyšuje hustota tepelných mikrotrhlin (což dokazuje i nárůst pórovitosti) s následným dopadem na snížení pevnosti (obr. 43“; Wadsworth–Heap–Dingwell 2016, 10). Nad teplotní exotermní kapacitou (1002 při 10°C min⁻¹; 1019°C při 25°C min⁻¹) můžeme pak vidět endotermický nástup tavení, který je makroskopicky vyjádřen jako barevné mramorování a je zřejmý jako pozorovatelné znovuoobnovení síly pevnosti (obr. 43; Wadsworth–Heap–Dingwell 2016, 10-11). Zde je však nutné zmínit, že tento nárůst pevnosti nepřesáhne počáteční pevnost intaktní horniny. Tento proces lze možno vysvětlit částečným zacelením tepelně indukovaných mikrotrhlin v částečně roztavené frakci taveniny. „Vzhledem k tomu, že je známo, že mikrotrhliny snižují pevnost materiálu, jejich zaplnění vede naopak k výraznému posílení“ (Wadsworth–Heap–Dingwell 2016, 11).

Vzorky jádra práškového agregátu vykazují konzistentní pokles porozity z počátečních hodnot. Tento proces snížení pórovitosti je shodný s nástupem tání pozorovatelný v tepelných kapacitních údajích, před kterými jsou detekována pouze malá zvýšení porozity, které lze přičíst menší tepelné roztažnosti. „Výrazný pokles pórovitosti je pravděpodobně důsledkem slinování částečně roztaveného agregátu jak difúzním

přenosem hmoty v pevné fázi, tak rychlejším přenosem viskózní hmoty ve fázi tavení. “Samotný pokles pórovitosti se projevuje zvýšením objemové síly ve vzorcích jádra práškového agregátu. Za pomoci optické dilatometrie daného vzorku práškového agregátu se ukazuje, že pórovitost se zvyšuje s přibližováním vyšších teplot (Wadsworth–Heap–Dingwell 2016, 11).

Častý jev z vitrifikovaných pevností jsou roztavené až pěnové materiály, které mohou být přičítány zahřívání úplně slinutých prášků, u nichž se rozpouští izolovaná pórovitost. Samotné spékání, ať difúzní či viskózní, závisí na velikosti slinutých částic a teplotní elementární mobility. Dále je slinování závislé na velikostech částic. Velké částice se vždy budou slinovat později než malé částice. Pokud tedy byla dosažena tepelná rovnováha ve zdi fortifikace, malé částice se snadno spékaly k velkým blokům. Samotné velké částice pak zůstaly méně sintrované. Tento způsob úprav se v technice již dávno prokázal jako úprava obecně zvyšující pevnost sypkých stěn. Výsledek sintrování vede ke zvýšení pevnosti sypkého materiálu a) snížením pórovitosti; b) snížením velikosti pórů a distribucí velikosti pórů a c) hojením mikrotrhlin. Slinování je spojeno s obecným poklesem poloměru pórů se snižující se porézností (Wadsworth–Heap–Dingwell 2016, 11).

Je známo, že vitrifikační teploty zjištěné v konstrukcích hradeb doby železné jsou vysoké a liší se od tavení indukovaného biotitu při ~ 850 °C na hodnoty ~ 1100 - 1250 °C. I přesto že jsou vrcholové teploty až takto vysoké, je nutný určitý čas k dosažení rovnovážné teploty přenosem tepla přes stěnu o tloušťce zhruba 1 metr (Wadsworth–Heap–Dingwell 2016, 11).

Účinnost slinování malých částíček je pak ve srovnání s většími bloky výrazně větší. Tento proces pak můžeme pozorovat ve

vitrifikovaných hradbách na archeologických lokalitách, jejichž kamenné bloky se nalézají ve skleněné matrici. Mezi první, kteří se o těchto lokalitách zmínili, můžeme řadit Brothwella a kol., kteří se s tímto jevem setkali na fortifikaci Dun Mac Uisnechan v Argyllu ve Skotsku. Jednalo se o „uhlovité skalní úlomky“ ve vezikulární skleněné matrici. Další podobu popisuje Friend et al., který poukazuje na bloky uložené v tmavě hnědé, vezikulární, skleněné matrici či Smith a Vernioles, kteří zaznamenávají bloky bílého pískovce nebo křemene obklopené černým sklem. Je tedy zřejmé, že slinování je klíčovou a dlouho uznanou součástí procesu vitrifikace stěn sypkých hmot, avšak možnost slinování malých částic intersticiálů na velké bloky bylo dosud opomíjeno (Wadsworth–Heap–Dingwell 2016, 11).

Mezi prvními kdo odmítl tento technologický záměr úpravy fortifikace, byl MacKie, který uvádí částečné zhroucení zdi, které se objevilo při experimentálním vypálení. Childe a Thorneycroft k tomuto experimentu použili čedičové (bazaltové) kameny frakce na 3,81 až 5,08 cm. „Tento experiment byl prvním, který ukázal, že částečná vitrifikace byla možná provést za použití dřevěného paliva na vytvoření ohně pro podpal stěn. Nicméně složení a velikost sutiny neumožňuje rychlé slinování při dostatečných teplotách, a proto z takového experimentu lze vyvodit pouze malé množství vitrifikačních procesů. Zcela jiný výsledek by jistě v tomto experimentu přinesl pískovec z Darley Dale, který se snadno rozdrťí na částice o rozměrech 80-800 μm , ze kterých je složen což materiálově odpovídá vitrifikované pevnosti ve Wincobanku v Sheffieldu ve Velké Británii. Pak by došlo k částečnému tavení již při nižších teplotách než při použití bazaltů. Výsledné kapky kapaliny by měly méně času na proces sintrování z důvodu dané viskozity, což by vedlo k rychlému slinování v intersticiálních částech pevnosti stěny (Wadsworth–Heap–Dingwell 2016, 11).

Rozdílnost experimentálních výsledků a vzorků lze sledovat i v délce ohřevu. Pískovcová jádra pískovce z Darley Dale při udržení cílových teplot po dobu pouhých 10 minut vykazovaly tepelný gradient, a tudíž nedosáhly tepelné rovnováhy. Rozdílně reagoval vzorek s dobou ohřevu 5 hodin, který tepelné rovnováhy dosáhl již po 0,5 hodině. „Pevnost jader, která byla zahřívána po dobu 5 hodin, byla vyšší u teplot pod 1100°C s počátkem částečného tavení než u jader zahřátých 10 minut.“ To je vysvětleno jednoduše skutečností, že střed jader zahřátých po dobu 10 minut se nevyrovnal s maximální teplotou a tak jakýkoli objem změn nebo praskání ve vzorku byl pouze povrchový, zatímco u jader, které byly vyváženy bylo tepelné namáhání nebo objem změn patrné na celém vzorku (Wadsworth–Heap–Dingwell 2016, 12).

Při maximálních teplotách, které dosahovaly více než 1100°C došlo k částečnému tavení a následné tepelné rovnováze. Předpokládá se, že malé částice jsou mezi intersticiálními a většími bloky v blízkosti tepelné rovnováhy nad 1100°C, a tím dochází k následnému slinování a jeho síla mírně stoupá. Větší bloky jsou pak v tepelné nerovnováze pod 1100°C, a z toho důvodu se tedy jejich síla výrazně nemění. Vrcholové teploty pak vytvořily taveninu, která zpevnila jinak nepříliš pevné stěny. „Je proto pravděpodobné, že pokud jsou konstrukce zhotoveny z velkých bloků s jemnějším intersticiálním materiálem, celková pevnost stěn se zvýší při vysokoteplotním zpracování. To je způsobeno slinováním a následným zpevněním intersticiálního materiálu, i když síla hlavních stěnových bloků může být mírně snížena.“ Toto vysvětlení nutí k novému posouzení dříve odmítnutého technologického záměru pro vitrifikace z doby železné (Wadsworth–Heap–Dingwell 2016, 12).

Stav a charakterizace stavebních kamenů nasvědčují, že pevnosti z doby železné byly podpálením zesíleny z důvodu následné vitrifikace. „Zvýšení síly stěn nastává v důsledku částečného tavení, slinování a

výsledného snížení porézności.“ Pozorovatelné posílení zdí pevností z doby železné pomocí vypalování do vitrifikovaného stavu přímo zpochybňuje předpoklad o destruktivních motivech – jak se v současnosti obecně předpokládá. Povaha křemičitých skalních materiálů, z nichž jsou pevnosti postaveny, jsou charakterizovány konkrétními reakcemi, které budou jistě předmětem dalšího zkoumání (Wadsworth–Heap–Dingwell 2016, 12).

5.3.3. Stavba vitrifikované zdi

Na začátku dubna roku 1980 byla na okraji města Aberdeen (East Tullos, Tullos Hill) zrekonstruována hradba, která měla přibližně odpovídat prehistorickému typu. V tomto projektu šlo o experimentální reprodukci charakteristik zeskelnatělých konstrukcí zaznamenaných v severní Británii. Celý projekt byl financován Yorkshirskou televizí a práce na zdi musela vyhovovat potřebám natáčení. Celý proces byl navíc ještě zkomplikován neoptimálními podmínkami a procesem zboření, který následoval asi 28 hodin po podpálení, tedy v době, kdy tato rekonstrukce byla ještě hořící (Ralston 1986, 17).

Záměrem při vytváření tohoto experimentu bylo vybudovat zeď ve svém plném rozsahu. Tak například experimentální stěny stavěné ve 30. letech 20. století byly 12 stop dlouhé (ca 3,7m), 6 stop vysoké (ca 1,8m) a stejně široké. Z lokalit máme sice doklady o šířce stěn i nad 6 m, ale zdá se, že takovéto rozměry představují spíše širší než běžně používané konstrukce. Z tohoto důvodu byla postavena stěna o šířce 4 m (Ralston 1986, 17).

Některé experimenty poukazují na vitrifikaci jako na prosté podpálení dřevěné stěny následované procesem vitrifikace. "Teploty potřebné pro částečné tavení jsou však v rozmezí > 900 - 1100 ° C. Takto vysoké teploty by však jasně vylučovaly hypotézu o prostém ohni

založeném v okolí stěny. Typologicky se mohlo jednat např. o dřevěnou stěnu typu murus gallicus, kterou charakterizuje zapojení horizontálních dřevěných prvků zahrnutí dřevěných prvků, jak v podélném, tak i v příčném směru (Ralston 1986, 17-18).

Konstrukce

Konstrukce stěn a použité materiály byly vybrány jak na základě znalostí tzv. vitrifikovaných pevností Skotska, tak i na základě účelnosti. V samotné konstrukci je pak velmi důležitá vzdálenost mezi jednotlivými dřevěnými prvky. Ukázalo se, že rozložení a velikost dřevěných prvků má zjevně převažující význam při určování množství hořlavého materiálu ve stěně, zatímco rozložení dřeva ovlivňuje snadnost jejich zapálení (Ralston 1986, 18-19).

Z důvodu omezených pracovních podmínek, času a použití strojní mechanizace byla vybrána konstrukce zahrnující podélně a příčně uložené dřevěné prvky. Dalším nepříznivým faktem byla i cena nákladů za tvrdé dřevo – konkrétně dubu. Tento fakt byl pak hlavním důvodem, proč autor musel použít dřevo z borovice, které pak bylo zkráceno na délku 5m (Ralston 1986, 19).

Použitý na kamenný materiál obsahoval celou řadu hornin. Obložení stěn bylo převážně ze žuly, naopak v jádru konstrukce převažovalo gabro z lomu Balmedie. Velikost kusů gabra se přibližně rovnala velikosti lidské hlavy, ale byly použity i menší kusy. Tato hornina byla vybrána i na základě rad profesora Glassera. Ten tvrdí, že tato hornina je schopná tavby a slinutí hornin již při nižších teplotách. Větší kusy horniny pak byly použity pro stavbu líce hradby, menší pak ke stavbě horních vrstev jádra (Ralston 1986, 19).

Období přípravy místa a konstruování stěn doprovázely čtyři chladné, větrné a velmi deštivé dny. Pokus se odehrával na vrcholu kopce Tullos Hill. Stěna byla postavena za tři a půl dne, a to skupinou sedmi lidí, kteří museli dopravit většinu materiálů na místo podél blátivé cesty asi 300 m daleko. Dále byl použit i traktor s radlicí a přívěsem namontovaným vzadu, a traktor s radlicí vpředu umožňující vertikální pohyb. Výstavba takového opevnění pravěkými technologiemi muselo být velmi obtížné. Odhady času strávené při přípravě stavby, přepravě materiálů a následné výstavbě se odhaduje na třicet dnů s tím, že práce mohla být urychlena např. přepravou materiálů za pomoci zvířat (Ralston 1986, 20).

Stěna byla postavena s delší stranou na jihovýchod/severozápad, a to především z důvodu převažujícího směru větru, který měl vanout od jihozápadu či směrem od moře. Obě tyto situace pak měly podporovat příčně uložené dřevo k jejímu spálení, a to směrem do stěnového jádra. Na úrovni terénu byl zrekonstruovaný úsek hradby asi 9,4 m dlouhý a široký okolo 4 m. Tato šířka se však zužovala směrem k vrcholu a to až na hodnotu 3,3m. Výška stěny dosahovala 2,45 m, ale lokálně dosahovala až 2,9 m, a to kvůli skloněnému terénu. Centrální část stěny pak byla dřevěná a její délka dosahovala přibližně 6,75 m. Oba konce byly zaobleny a ukončeny konstrukcí na sucho kladených kamenů ve snaze minimalizovat účinky průvanu a tepelné ztráty ve stěně (Ralston 1986, 21-22).

První vrstva trámů byla vložena téměř až na úrovni země, přičemž osm z tenkých vrstev bylo rovnoměrně odsazeno a uspořádáno rovnoběžně s hlavními stěnami. Každý následující horizont podélných trámů pak používal stejný počet dřevěných elementů. Jádro se na této úrovni skládalo v podstatě pouze z pevnějších kusů gabra. Počáteční příčná vrstva byla začleněna přibližně 0,5 m nad povrchem země. Tato

výška se však měnila především z důvodu skloněného terénu. Proto se každý následný horizont příčných trámů nepatrně nastavil tak, aby se vzdálenost mezi koncovými příčkami v druhém horizontu dostala na hodnotu 6,2 m. Celou takto sestavenou konstrukci dřevěných trámů pak překrývala vrstva kamenných třísek zakončena tenkou vrstvou drnů a zeminy s tloušťkou okolo 0,1m. Dále je zapotřebí zmínit, že žádný z podélných a příčných trámů nebyly ve vzájemném kontaktu. Kromě těchto dřevěných konstrukčních prvků byly do jádra také vloženy různé odřezky z příčných trámů. Jedním z možných návrhů bylo i zdrsnění povrchu za pomoci sekery nebo tesly, které se bohužel z časových důvodů opět neuskutečnilo. Odůvodněním pro tuto úvahu bylo hypoteticky snadnější rozšíření požáru. Tato úprava se však při zpětném pohledu zdá jako zbytečná a nepotřebná (Ralston 1986, 22-23).

Celkový objem dřeva uvnitř hradby se pohybuje okolo 8m³, množství dřeva použitého k podpalu pak čítá okolo 62m³. Množství použitého měkkého dřeva bylo tedy řádově 14% z celkového objemu stěny. Childovy a Thorneycroftovy údaje o hmotnosti použitých materiálů (7 až 35 tun kamene a 1-3 tuny dřeva) naznačují, že dřevo tvoří asi 15% z celkové hmotnosti (Ralston 1986, 23).

Další otázkou byl i způsob umístění drnů v konstrukci hradby. Důvodem umístování tohoto materiálu byl názor, že takto vytvořený povlak může pomoci k zabránění proudění vzduchu uvnitř stěny a následnému dosažení vyšších teplot v okolí jádra (a to i při omezení přístupu kyslíku). Tento plán však nebyl z časových důvodů uskutečněn (Ralston 1986, 23).

Příčné dřevo pak zůstalo vyčnívající z ploch zdi, a to z důvodu snížení potíží, které se často spojovalo s počátečním podpálením dřeva.

Existence takového líce fortifikační stavby však doposud není archeologicky prokázána (Ralston 1986, 23).

Další úvahy o konstrukci

Různé úvahy pak mohou směřovat ke konstrukci. Už samotné vysychání a přirozený rozpad konstrukce v průběhu jejího stárnutí mohly pozměnit charakter a konstrukci dřevěných prvků uvnitř jádra. Další spekulace pak mohou směřovat k ročnímu období, kdy byla konstrukce zapálena. Pokud by se jednalo o destruktivní motiv se snahou zničit pevnost, nejlepším obdobím pro rychlý podpal těchto struktur by bylo období pozdního léta či podzimu, a to především z důvodu sucha. Dá se tedy uvažovat o jakési „sezónní“ aktivitě (Ralston 1986, 24).

Bohužel podmínky, které nastávaly při experimentu, nereplikují tyto nejvhodnější parametry. Během shromažďování materiálu a následně stavby konstrukce obranné zdi se vyskytovaly velmi deštivé dny, které mnohdy znamenaly i odložení prací na následující den (Ralston 1986, 24).

Podpálení

Z důvodu vanutí větru od severozápadu se autor rozhodl umístit křoviny a odřezky z trámů podél jihozápadní strany (se zaměřením na severozápadní sektor (obr. 44) s tím, že vítr rozvane plameny do plochy stěny. Na koncích jednotlivých trámů (především na jihozápadní a severozápadním konci) bylo pak rozetřeno 4 až 5 kg živočišného tuku z důvodu lepšího přenášení a zachycení ohně. To se pak v praxi ukázalo jako velmi praktické a účinné (Ralston 1986, 25).

Celá akce vypukla 1. dubna krátce po 12. hodině, kdy se prvotní podpálení křovin (severozápadní strana stěny) zdálo být úspěšné. Termočlánky uložené uvnitř jádra vykazovaly teploty 1-3°C. Konce trámů

(severozápadní a jihozápadní strana) se od šlehajících plamenů křovin také zapálily poměrně snadno a ve 13:00 se teplota jádra pohybovala okolo 14°C. Narůstající teplota vzrostla poměrně rychle a ve 14:55 dosahovala teplota jádra již 52°C. Kamenné zdi postupně začaly prskat a teplota vyzařující ze čelní stěny začala gradovat až na 750-800°C. Po tomto teplotním vrcholu bohužel následoval pokles teploty. Při snaze o udržení a zvyšování teplot se tým pracující na experimentu rozhodl o přikládání odpadního materiálu z města Aberdeen k patě rekonstruované hradby. Jednalo se o staré matrace, žíněnky, šatní skříně aj. Společně s tím bylo také nutné zabránit proudění ochlazujícího vzduchu, které z časových důvodů nebylo řešeno během samotné konstrukce repliky opevnění. Provizorním ale adekvátní náhradou za nepoužité drny se zdálo být zakrytí (severozápadního a severovýchodního konce) plachtou. Toto řešení se ukázalo jako účinné při stabilizaci nízkých teplot okolo 20°C. Následně se autor rozhodl o odstranění plachty a utěsnění horní části zdi pomocí drnů. I tak se ale předpokládalo, že studený vzduch stále proniká do stěnového jádra v dostatečném množství, aby zabránil růstu teploty konstrukce. Doplnění nového paliva bylo zaměřeno na severozápadní konec jihozápadní strany, u kterého byla snaha, aby proud vzduchu do stěny předešel prouděním jádro. To se ukázalo jako velmi pravděpodobné a směr kouře opravdu poukazoval na vtažení do stěnového jádra, ale na vzrůstu teploty se tento proces výrazně neprojevil. Vanoucí severozápadní vítr byl tedy pravděpodobně tažen spíše podél stěny, než-li do jádra hradby. V té době nebyly (kromě jihozápadního svahu) zaznamenány vyšší teploty než-li 100°C. Poslední dodávka palivového dřeva pak byla spálena zhruba do 20:00, a to podél jihozápadní a severovýchodní strany. Termočlánek zasazený uvnitř kamenného zdiva pak naměřil teplotu 190°C, avšak teplota jádra vykazovala pouze 20°C. Mezi 20:30 – 21:15 začala pak hranice (jihozápadní straně stěny) pomalu uhasínat. Nutno ale vzít v potaz, že

skoro veškerý dřevěný konstrukční materiál v podobě příčných trámů byl na této straně spálen. To se projevilo i náznaky proklesnutí a vyklenutí zdi, či praskáním kamenného materiálu. Ke zhroucení zdi došlo až kolem 23:00, kdy se horní část severozápadního konce (jihozápadní strany (obr. 45) propadla. V 10:00 následujícího dne (tj. asi 22 hodin po zapálení první ohně) začala práce na demolici části zdi, aby se zjistilo, zda došlo k procesu vitrifikace. Bohužel až na malé množství takto transformovaného materiálu nebyly nalezeny žádné významnější známky vitrifikace. Zvláště pak skoro celý obsah jádra se zdál bez jakékoliv změny (obr. 46). Ještě po skončení natáčení byla stěna stále doutnajícím a není pochyb o tom, že by oheň pokračoval v hoření ještě po dlouhou dobu (Ralston 1986, 25-34).

Celkové množství vitrifikovaného kameniva vzniklého v důsledku tohoto experimentu je nepochybně malé (přibližně 3 kg), a to jak v absolutních hodnotách, tak v poměru k objemu délky stěny, která byla vypalována (obr. 47). Příčiny, které mohly vést k omezení či nedostatečnému rozvinutí tohoto procesu, mohou být: nedostatečné stáří a tím proschnutí konstrukce; pokračující spalování materiálů uvnitř stěny, které bylo přerušeno demolicí; nedostatečné utěsnění stěny; nedostatek tvrdých dřevin či vlhkost mnoha materiálů v době podpalu, ale i dešťové srážky v průběhu experimentu, které jistě také zvyšovaly vlhkost stěnového jádra. To souvisí i s chemickými analýzami ze skotských lokalit s dokladem vitrifikace, které svědčí o nižším obsahu vody (Ralston 1986, 34-36).

Vitifikované kameny jsou pak spojeny především v horní části s přítomností drobnějšího materiálu. Samotný autor je však na pochybách, zda vůbec lze záměrně vitrifikovat celý povrch hradby (Ralston 1986, 35).

Youngblood a jeho spolupracovníci ve své studii naznačují, že pomalý požár probíhající v redukční atmosféře přispívá ke vzniku podmínek, ve kterých mohlo dřevo produkovat metanol a jiné plyny s vysokými teplotami vznícení. Ty se pak mohly podílet na lokální vitrifikaci. Podobně by však působily i tlaky vypařované vody, které by rovněž snížily teploty tavby. Avšak takovéto podmínky v East Tullos nevznikly a pokud ano, tak pouze v omezeném a tudíž nepatrném rozsahu. Další možná metoda je postavena na základě spalování dřevin s vyšším obsahem draslíku (např. dubu), což může přispět ke snížení teploty, při které se může tavit složka oxidu křemičitého z mateřské horniny. Možností je i využití potaše jako tavicího činidla, která by se ve stěnách pevnosti projevovala především zvýšeným obsahem K_2O . Zvýšená hodnota tohoto prvku by se však projevovala i při některých tavicích procesech (Ralston 1986, 36).

Přidání potaše by však mělo pouze nepatrný vliv, pokud by nebyl přítomen v dostatečném množství a v bezprostřední blízkosti dřevin (Ralston 1986, 37).

Úvahy o vzniku požáru

Jedním z možných procesů, které vedly k podpálení stěn, mohly být zapálené stavby uvnitř daného opevnění, z nichž se oheň přenesl na hradbu. Obtížnost zapálení během bitvy lze pak vysvětlit Caesarovým komentářem o obtížnosti spalování těchto opevnění. Proto padají názory, že zeskelnatělé stěny, které vykazují podpálení z vnější strany, vypovídají o epizodě ničení po ukončení boje, nikoliv pak o způsobu dobytí pevnosti. Zde je pak možné uvažovat o existenci jakýchsi specialistů pro tuto činnost (Ralston 1986, 38).

Spálení experimentální hradby ve East Tullos přineslo i zajímavé vizuální zážitky. Hořící fortifikace zářila i v noci a působila oslnivým

vzhledem, a to dokonce i na pozadí moderního města. Z toho vyplývá, že průběh požáru a rozsáhlá vitrifikace na vrcholu Tap o 'Noth vysokého kolem 563m musel budít silný dojem i na prehistorické komunity v širokém okolí jako velkolepé divadlo (Ralston 1986, 38).

6 Závěr

Fenomén tzv. spečených valů je již od 18. století v Evropě často diskutovaným tématem. Nejedná se o jev, který by byl omezen výhradně na konkrétní region či epochu. Samotný proces vitrifikace či kalcinace reliktních fortifikací můžeme sledovat v Evropě, Skotsku, severním Švédsku, jižním Portugalsku, západní Francii či v České republice nebo na Slovensku. Časový rámec výskytu se rozprostírá od doby bronzové až do období novověku. Mezi příklady nalezenými v literatuře jsou však nejčastěji konstrukce datované na přelom doby halštatské a laténské až do období stěhování národů. Ve středověkém pojetí pak můžeme tento proces pozorovat na mnohých raně středověkých lokalitách, které podle některých hypotéz souvisí s násilným vpádem na české území.

Samotná konstrukce fortifikací pak nejčastěji byla dřevo-hlinitého valového charakteru. Tento postup se potvrdil i při experimentálních výzkumech. Mezi horninami používanými pro konstrukci hradeb postižených vitrifikací či kalcinací byla často žula, křemen nebo živec, vzácněji pak vápence či méně frekventované horniny jako tomu je například u množství nahromaděného amfibolitu na lokalitě Broborg. Způsob uspořádání materiálu v oblasti valu byl pak velmi často rozdělen na oblast vnitřní části s velkými kamennými bloky a vnější částí s drobnějším kamenným materiálem. Tento postup byl pak opodstatněn především z důvodu rychlého slinování drobnějšího materiálu na velké bloky, aniž by se snížila jejich celková pevnost.

Teploty, které byly potřebné k procesu vitrifikace nebo kalcinace, se pak většinou pohybovaly okolo 1000°C. Pomocí experimentální činnosti však bylo zjištěno, že za příznivých podmínek a materiálů může dojít k tomuto procesu slinování i za teplot blížících se 800°C, a to především z důvodu procesů či produkcí látek napomáhajících následné tavbě. Nižší teploty, okolo 400°C, pak již byly nedostatečné a na lokalitách se

projevují pouhým rozpadem hornin na ostrohranný štěrk. Ne vždy se však jedná o spečení valu po celé své ploše. Příkladem může být například tzv. Val obrů na jižním Slovensku, kde byl konstatován rozsah tepelně transformovaného materiálu v rozmezí pouhých 1-3% z celkové plochy konstrukce. Z tohoto důvodu se tedy pravděpodobně nejedná o záměrnou vitifikaci, ale o lokální požár některé z přiléhajících budov.

Hypotézy vzniku tohoto fenoménu lze pak rozdělit do několika skupin. Mezi první patří teorie o náhodném vzniku, kdy vitifikace vznikla neúmyslně a v souvislosti s požárem nebo kovárnou. Tuto teorii lze spojit s lokalitou Altkönig v Hesensku. Konstrukční teorie pak souvisí s motivem vytvoření pevnější konstrukce, kterou pravděpodobně lze nalézt na lokalitě Broborg. Opakem této teorie je pak destruktivní motiv, kdy byla stěna podpálena nepřáteli a to buď v období dobývání pevnosti, nebo spíše až po jejím dobytí. Zde se jedná o lokality Darsgårde, Nyby, Borganäs či raně středověkou lokalitu Katovice. Poslední možnou teorií je pak rituální motiv, který však souvisí se společenskými či duchovními strukturami minulých společností a velmi špatně se proto spolehlivě prokazuje. Můžeme se pouze domnívat, že právě takováto úprava mohla na některých lokalitách sledovat o vyjádření jisté společenské diferenciaci.

V souvislosti se spečenými valy budou nepochybně i nadále probíhat diskuze o motivech jejich vzniku či způsobu jejich vytvoření.

7 Resumé

The phenomenon of so-called sintered fort walls has been very frequently discussed topic in Europe since the 18th century. This is not a phenomenon that should be limited to a particular region or a historical epoch. The process of vitrification or calcination of fortification relics can be found in Europe, Scotland, northern Sweden, southern Portugal, western France or the Czech Republic or Slovakia. The time frame of appearance extends from the Bronze Age to the Modern times. However, the examples found in the literature are most often dated at the turn of the Hallstatt and La Tene periods until the period of the migration of nations. In the medieval conception that process can be seen in many early medieval localities which, according to some hypotheses, related to invasions of the Czech territory.

The structure of fortifications was most often of a timber-argillaceous wall character. This process was also confirmed within several experimental researches. Among the rocks used for the construction of fortification walls affected by vitrification or calcination were often granite, quartz or feldspar, and more rarely limestone or specific rocks from remote localities, such as an amount of accumulated amphibolite at the Broborg hill-fort. The method of material arrangement in the area of the wall was then very often divided into the area of the inner part with large stone blocks and the outer part with a smaller stone material. That procedure was reasonable mainly because of rapid sintering of smaller material into large blocks without reducing their overall strength. The wall surface was probably covered with grass to stabilize temperatures about 20 ° C.

The temperatures required for the vitrification or calcination process were generally about 1,000 °C. However, it was found out by carrying out some experiments that under favourable conditions and suitable materials

the sintering process can be implemented even at temperatures approaching 800°C, mainly due to processes or production of substances that can facilitate subsequent melting. Lower temperatures, about 400°C, were insufficient, and they are manifested by breaking rocks into smaller sharp angular gravel in some localities. However, it is not always a matter of sintering throughout the area. The so-called Val of Giants in southern Slovakia might be an example with the scope of heat-treated material within 1-3% of the total surface area of the structure. For that reason, it was not intentional vitrification, but a local fire of adjacent buildings.

The hypothesis of that phenomenon origin can then be divided into several groups. The first was the theory of accidental appearance, where vitrification was created unintentionally and in connection with a fire or a blacksmith's shop working. This theory can be associated with the Altkönig site in Hesse. The construction theory then relates to the mainspring of creating a more consistent construction that is likely to be found at the Broborg site. The opposite of this theory is then a destructive motif when the wall was burned with fire by enemy, either during the fortress conquering or rather after its conquest. These are the sites of Darsgårde, Nyby, Borganäs or the early medieval site of Katowice. The last possible theory is a ritual motif, however, it is related to the social or spiritual structures of some past societies and thus it is very poorly proved reliably. We can only assume that this kind of modification could express a certain social differentiation in some localities.

In connection with sintered fort walls, there will undoubtedly continue innumerable discussions about the motives of their origin or the way they were created.

8 Seznam použité literatury

Baitinger, H. – Kresten, P. 2012: Geoarchäologie zweier hessischer »schlackenwälle«: Glauberg und Altkönig, *Archaeologisches Korrespondenzblatt* 42, 493-508.

Blažiček, J. O. – Matějček, A. – Květ, J. (red.) 1949: Cestami umění. Sborník prací k poctě šedesátých narozenin Antionína Matějčka. Praha, 31-35.

Friedrich, F. C. 1946: Otázka spečených valů, *Obzor prehistorický* 13, 88-90.

Friend C.R.L. et. al. 2008: Experimentally produced glass compared with that occurring at The Torr, NW Scotland, UK: vitrification through biotite melting, *Journal of Archaeological Science* 35, 3130-3143.

Hovorka, D. – Túnyi I. 2011: Slovenský „čínský“ múr: mýty a pokus o realitu. *Mineralia Slovaca* 43, 49-56.

Chytráček, M. - Danielisová, A. - Pokorný, P. et al. 2012: Vzestupy a pády regionálního mocenského centra. Přehled současného stavu poznání pravěkého opevněného areálu na Vladaři v západních Čechách. *Památky archeologické* 103, 273-338.

Karásková, A. 2017: Hradiště Kněží hora u Katovic v kontextu vývoje v pravěku a raném středověku. Bakalářská práce. Vedoucí práce: Menšík, P. *Fakulta filozofická Západočeské univerzity v Plzni*.

Kresten, P. - Ambrosiani B. 1992: Swedish vitrified forts- a reconnaissance study, *Fornvännen* 87, 1-17.

Lutovský, M. 2011: Jižní Čechy v raném středověku: slovanské osídlení mezi Práchní a Chýnovem, České Budějovice: *Veduta*.

Maličský, J. 1950: Předslovanská hradiště v jižních a západních Čechách, Památky archeologické 43, 1947–48, 21–43.

Menšík, P. – Král, V. 2017: „Kněží hora“ u Katovic: Raně středověká pevnost nad řekou Otavou z pohledu archeologického bádání. Strakonice: Muzeum středního Pootaví a městys Katovice.

Pleiner, R. 1953: Využití chemických a spektrálních analys při studiu pravěké metalurgie, Archeologické rozhledy 5, 780-796.

Prošek, F. 1950: Slovanské hradiště u Hostíma, okr. Beroun, Obzor prehistorický 14/1, 441-444.

Ralston, I. 1986: The Yorkshire Television vitrified wall experiment at East Tullos, City of Aberdeen District, Proceedings of the Society of Antiquaries of Scotland 116, 17-40.

Šmejda L. a kol. 2013: Hradiště u Plzně, okr. PM (Nálezová zpráva). Archiv západočeského muzea v Plzni.

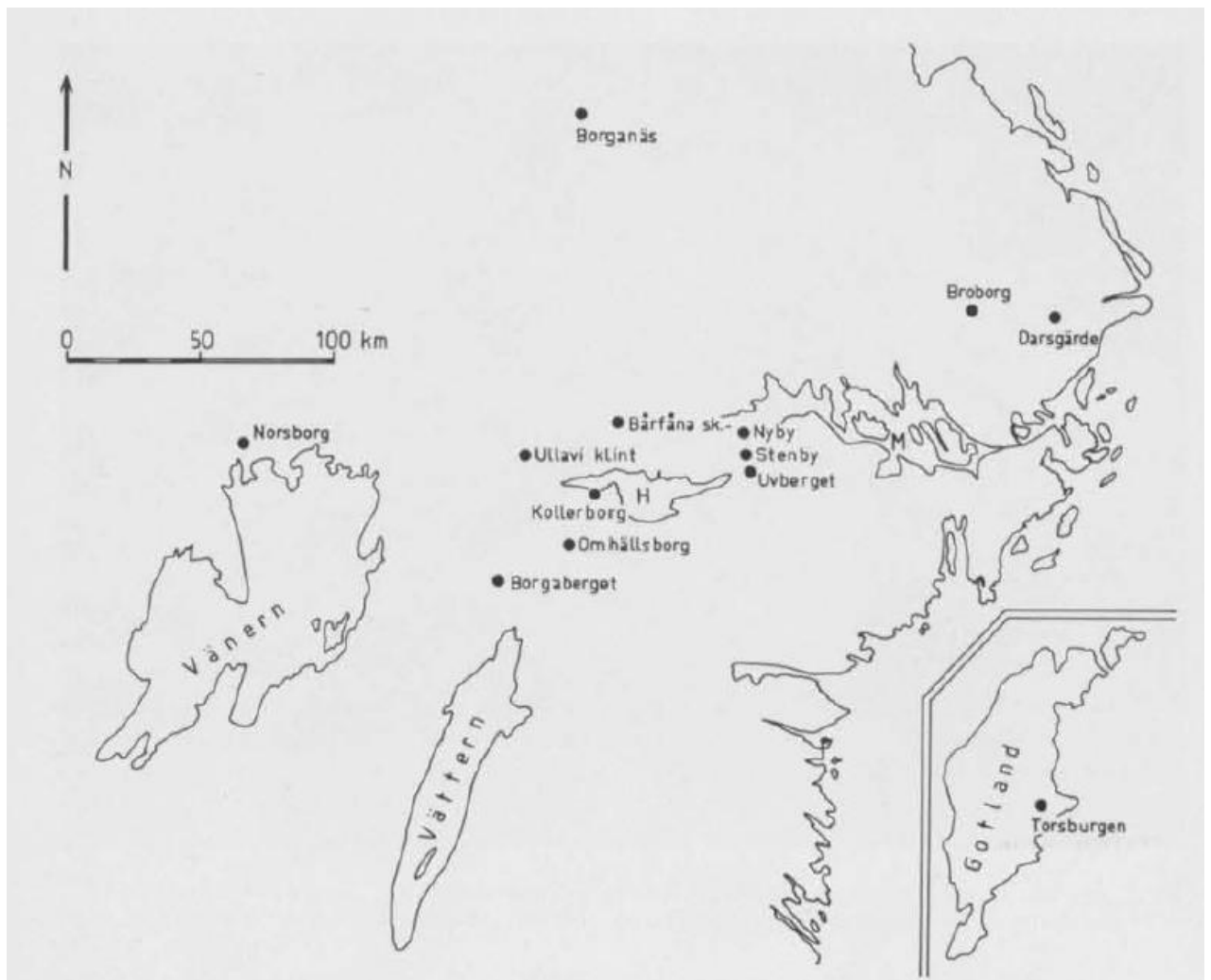
Šmejda, L. - Hložek, J. - Menšík, P. et al. 2015: Archeologický výzkum opevnění lokality Hradiště u Plzně v letech 2012 a 2013. Archeologie západních Čech, 9, 25-43.

Šnajdr, L. 1893: K otázce o původu spečených valů. Český lid 2, 489-493.

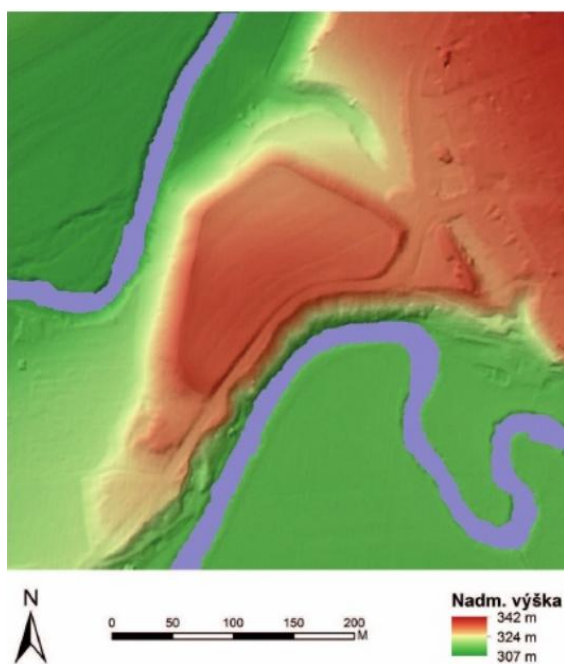
Turek, R. 1948: Dnešní stav a potřeby výzkumu staročeských hradišť, Zprávy památkové péče 8, 1-8.

Wadsworth, F. B. - Heap, M. J. Dingwell, D. B. 2016: Friendly fire: Engineering a fort wall in the Iron Age. Journal of Archaeological Science 67, 7-13.

9 Přílohy



Obr. 1: Umístění švédských pevností (s dobou nahlášení před rokem 1980): H = jezero Hjälmaren, M = jezero Mälaren (Kresten – Ambrosiani 1992, 3).



Obr. 2: Plzeň Hradiště. Výškopisný model reliéfu a jeho blízkého okolí, vytvořený na základě lidarových dat ČÚZK (Šmejda et al. 2015, 26).



Obr. 3: Plzeň Hradiště. Natavený blok horniny s otisky spáleného dřeva a různorodými inkluzemi (Šmejda et al. 2015, 37).



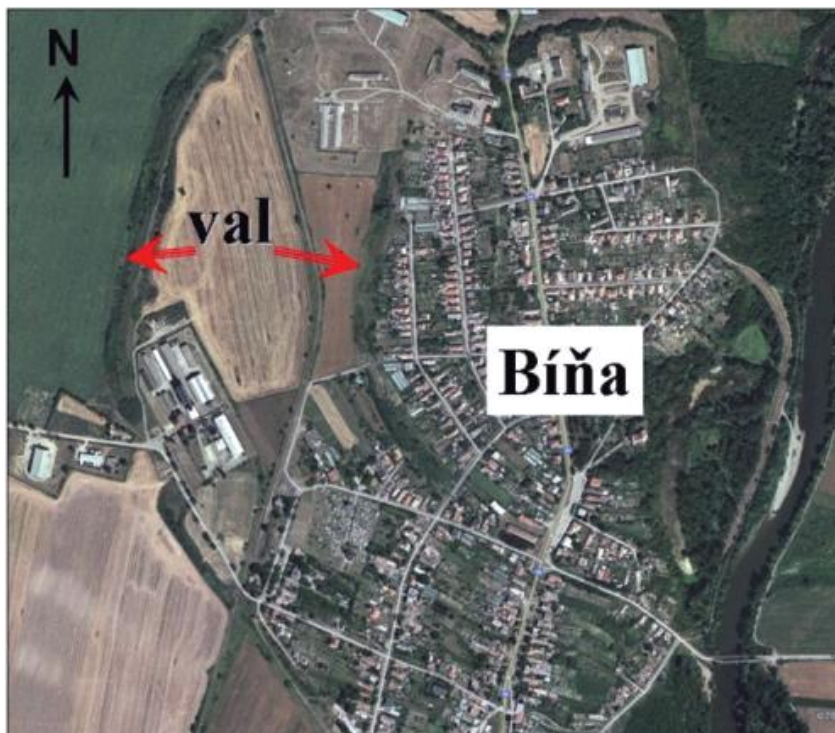
Obr. 4: Záhvořice, Vladař. Celkový plán fortifikačního systému (Chytráček 2011, 277).



Obr. 5: Katovice. Vizualizace hradiště pomocí leteckého laserového skenování (Menšík-Král 2017, 14).



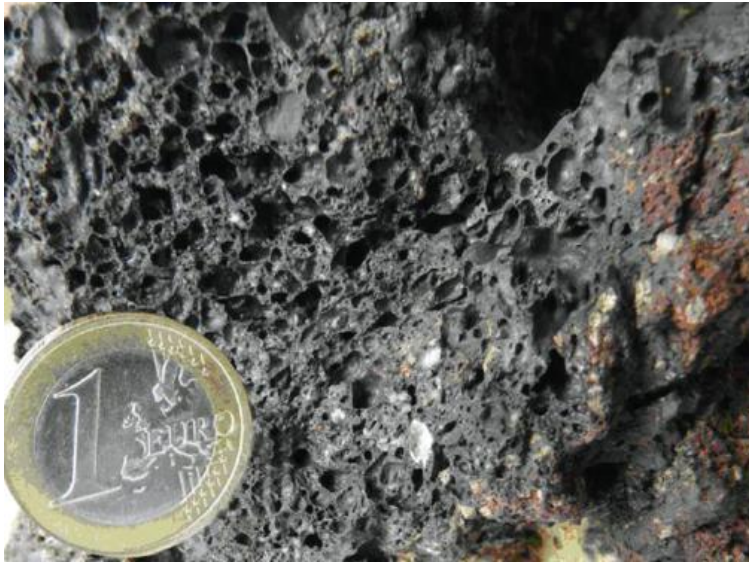
Obr. 6: Katovice. Přepálená hlína v místě akropole (Karásková 2017, 87).



Obr. 7: „Val obrů“. Pozice dlouhého valu u obce Bíňa (Hovorka – Túnyi 2011, 50).



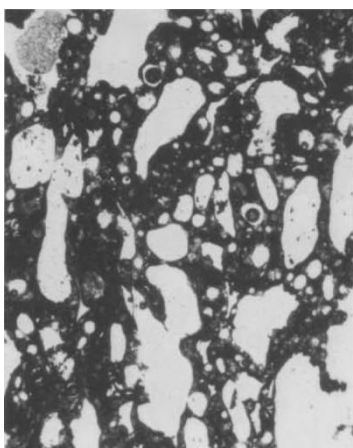
Obr. 8: „Val obrů“. Dlouhý val (tvořený bloky andezitů) při Pečenicích (Hovorka – Túnyi 2011, 51).



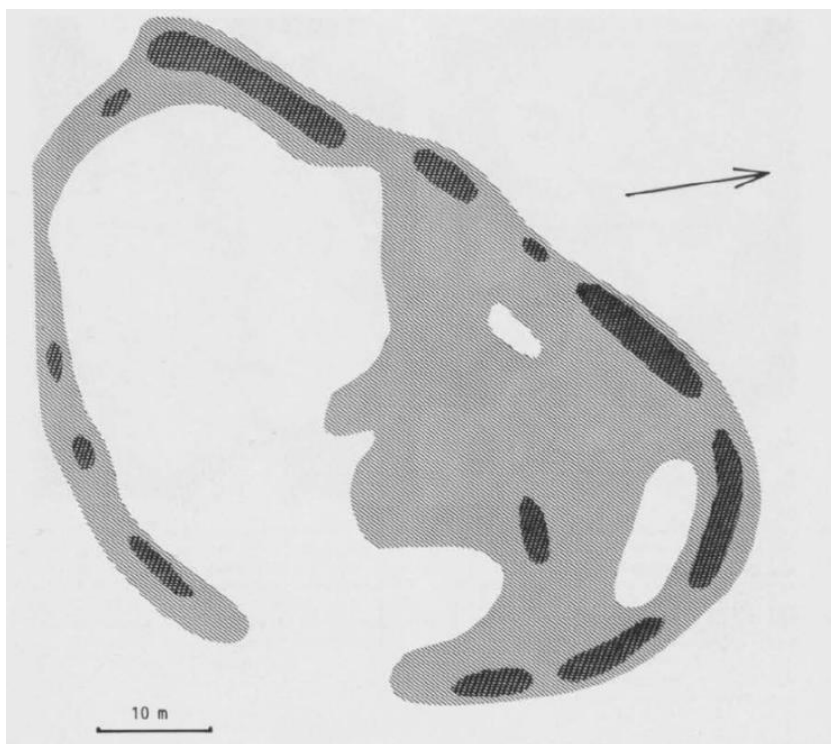
Obr. 9: „Val obrů“. Porézní sklovitá andezitová láva z dlouhého valu při Pečenicích (Hovorka – Túnyi 2011, 52).



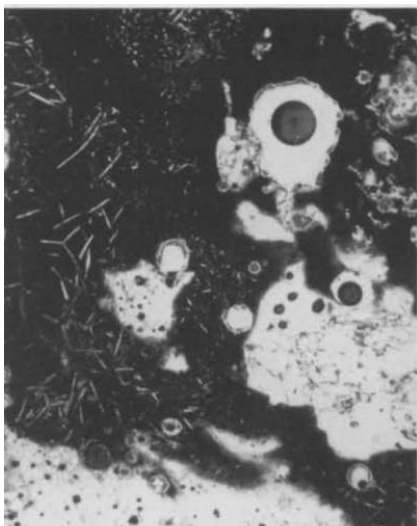
Obr. 10: „Val obrů“. Řez dlouhým valem severně od Levíc (Hovorka – Túnyi 2011, 53).



Obr. 11: Darsgårde. Mikrofotografie tmavě hnědé, vysoce porézní taveniny. Zorné pole 3,5 x 2,7 mm (Kresten – Ambrosiani 1992, 6).

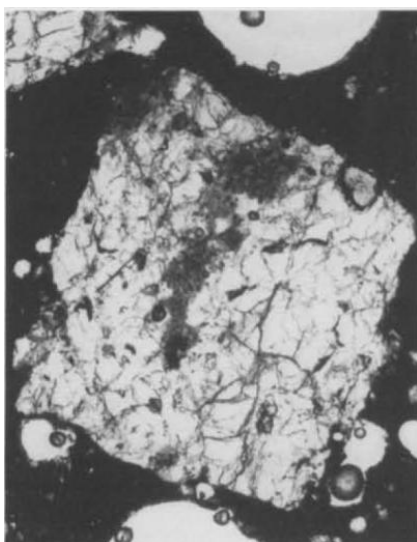


Obr. 12: Broborg. Předběžný magnetometrický průzkum (Kresten – Ambrosiani 1992, 9).



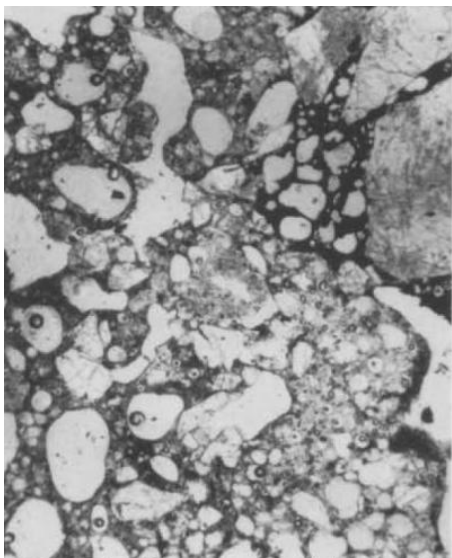
Obr. 13: Broborg. Bezbarvé a tmavě hnědé, téměř neprůhledné, sklo.

Zorné pole 3,5x 2,7 mm (Kresten – Ambrosiani 1992, 10).



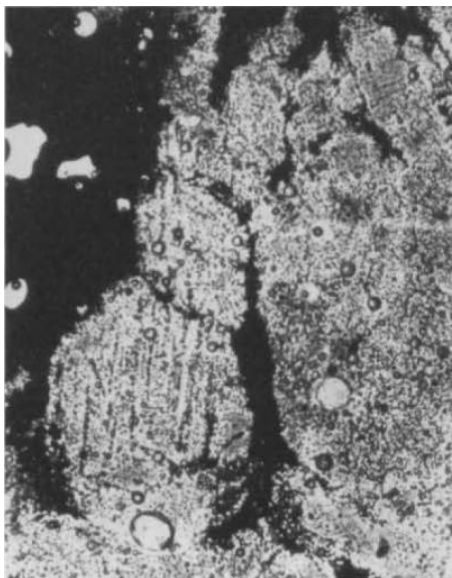
Obr. 14: Broborg. Neprůhledné sklo.

Zorné pole 3,5x 2,7 mm (Kresten – Ambrosiani 1992, 10).



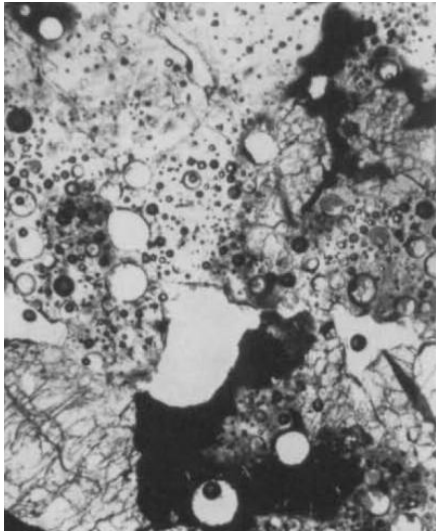
Obr. 15: Nyby, Neprůhledné a čiré sklo s uloženými minerálními úlomky.

Zorné pole 3,5x 2,7 mm (Kresten – Ambrosiani 1992, 11).

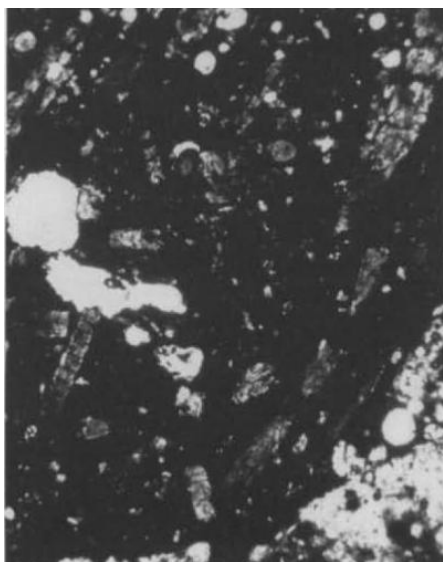


Obr. 16: Kollerborg, Neprůhledné a čiré sklo.

Zorné pole 3,5x 2,7 mm (Kresten – Ambrosiani 1992, 13).

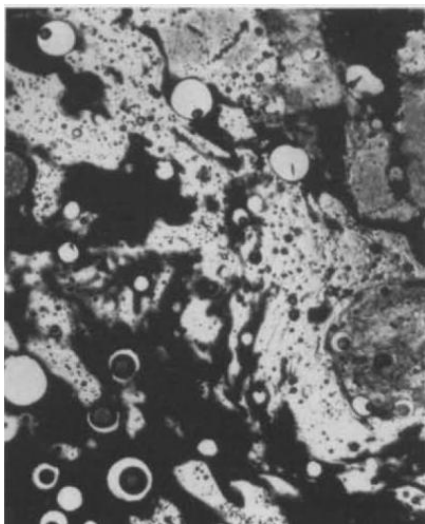


Obr. 17: Omhällsborg, Neprůhledné nahnědlé a čiré sklo, spolu se zbytky žuly. Zorné pole 3,5x 2,7mm (Kresten – Ambrosiani 1992, 13).

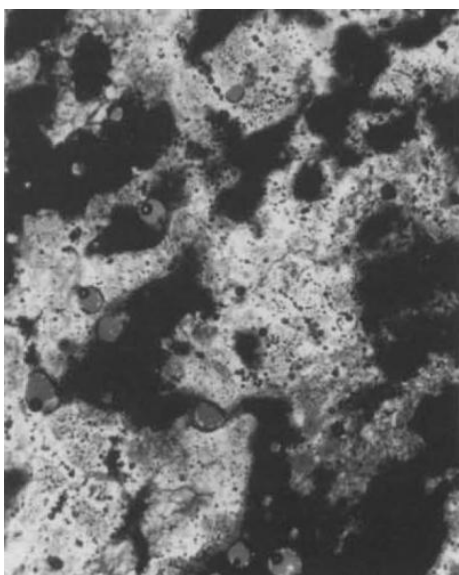


Obr. 18: Borgabergel, Neprůhledná tavenina.

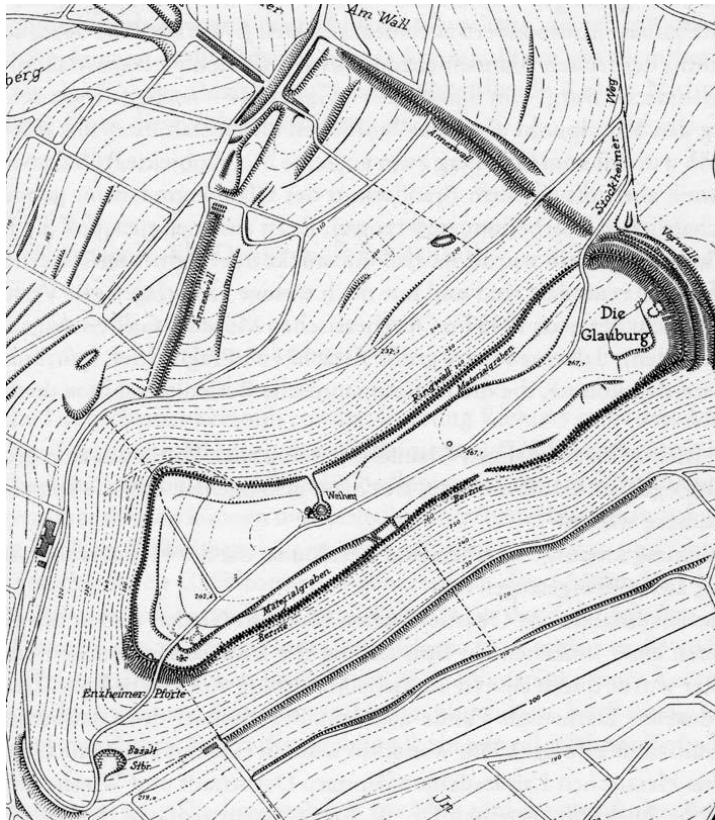
Zorné pole 3,5x 2,7 mm (Kresten – Ambrosiani 1992, 14).



Obr. 19: Ullavi Klint. Směs hnědého a bezbarvého (velmi vezikulárního) skla. Zorné pole 3,5x 2,7 mm (Kresten – Ambrosiani 1992, 14).



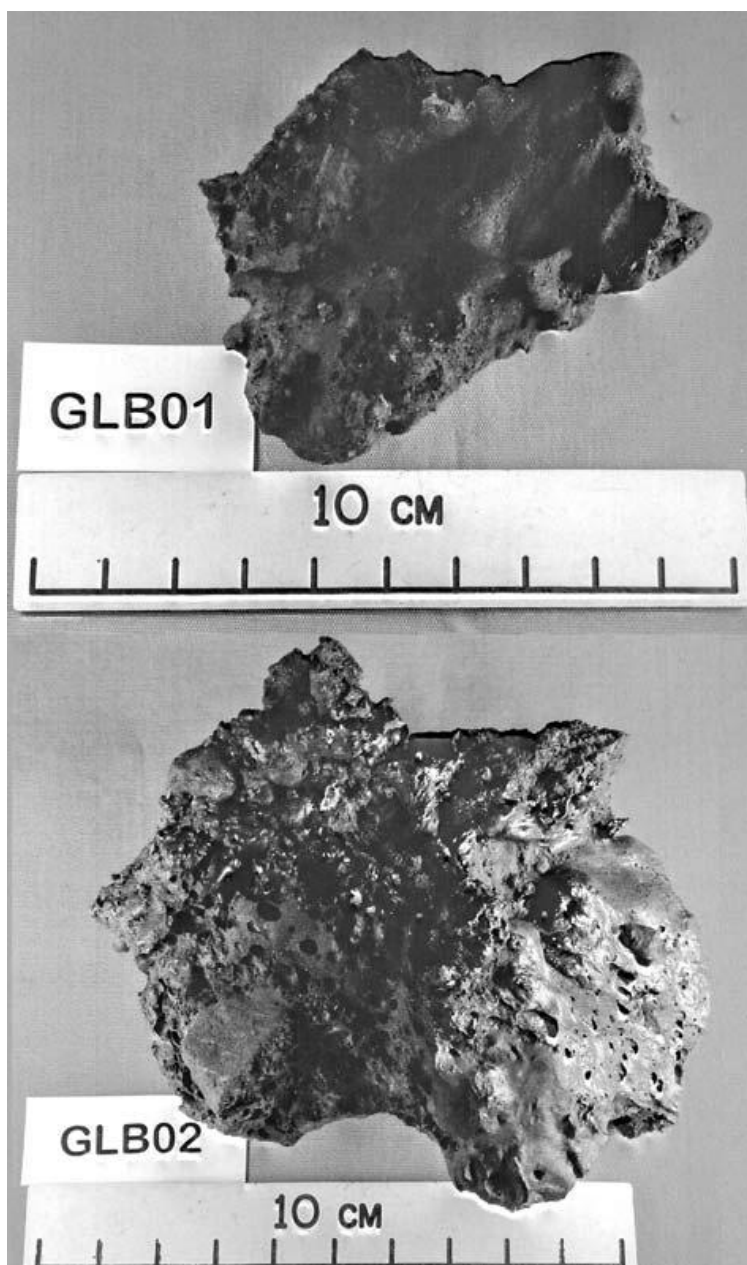
Obr. 20: Norsborg. Neprůhledné hnědé a bezbarvé sklo.
Zorné pole 3,5x 2,7 mm (Kresten – Ambrosiani 1992, 15).



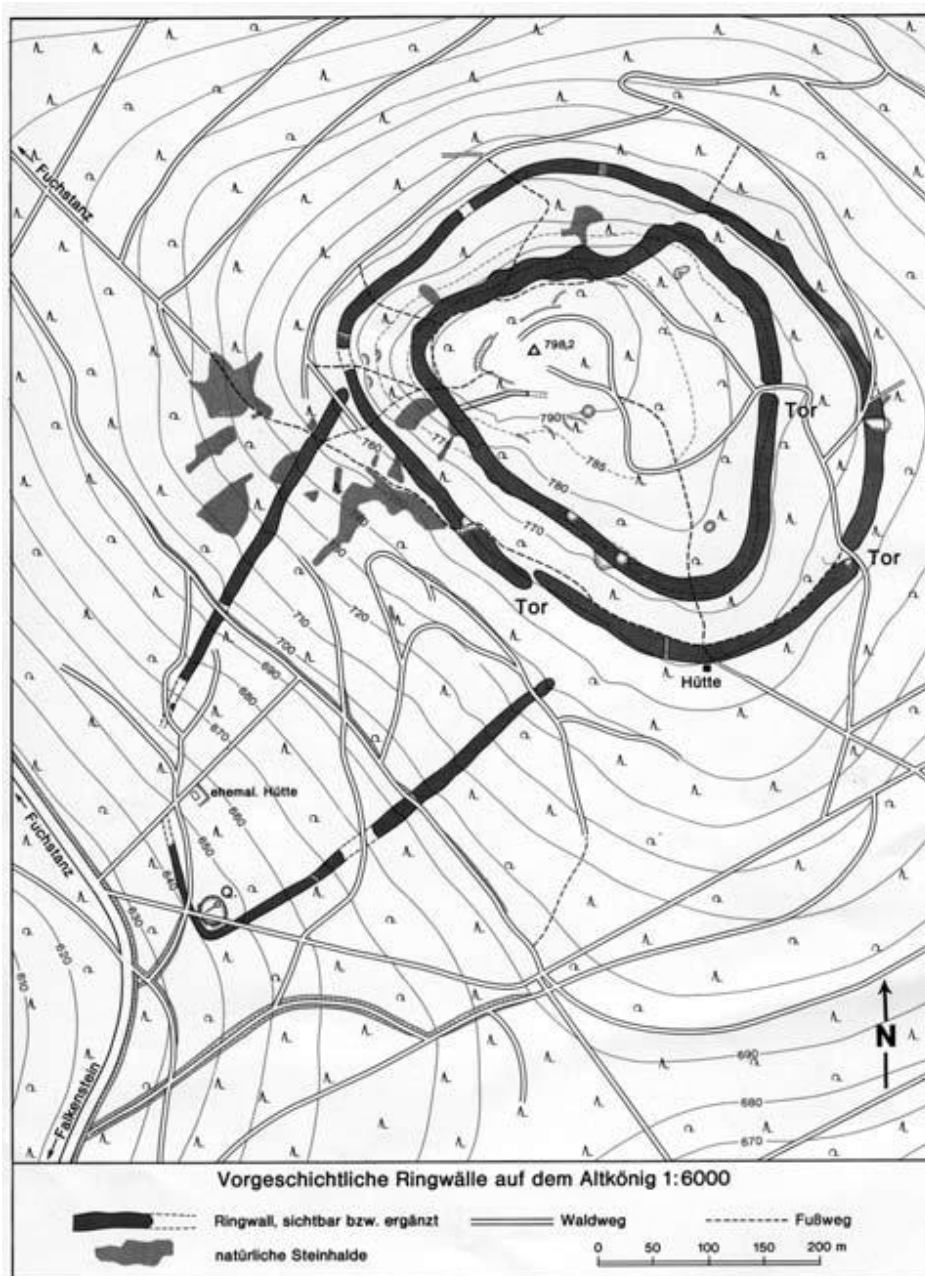
Obr. 21: Lokalita Glauberg (Baitinger- Kresten 2012, 495).



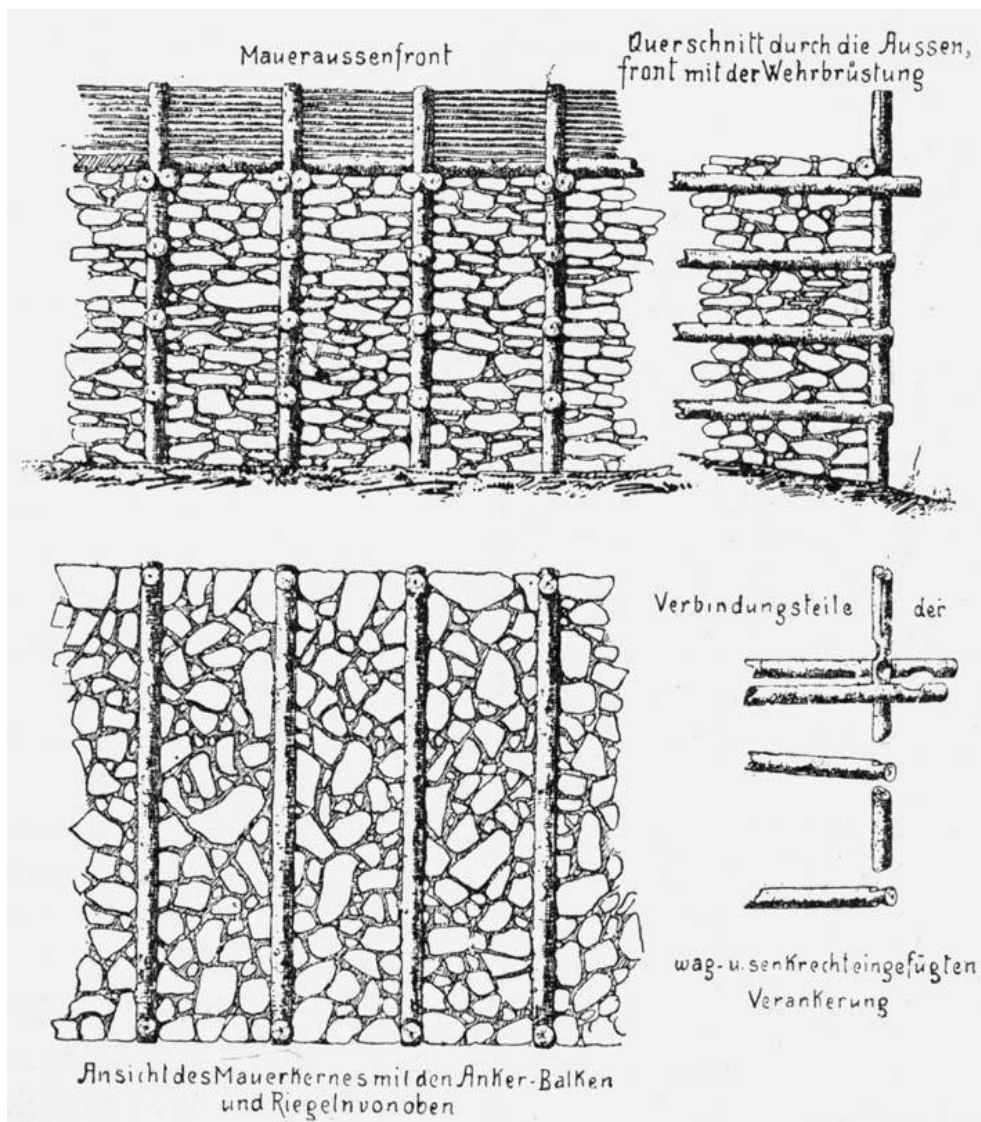
Obr. 22: Glauberg. Roztavené čedičové kameny (Baitinger- Kresten 2012, 497).



Obr. 23: Analyzované vzorky z lokality Glauberg (Baitinger- Kresten 2012, 497).



Obr. 24: Plán zdí na lokalitě Altkönig u Kronbergu (Baitinger- Kresten 2012, 499).



Obr. 25: Altkönig. Rekonstrukce podoby vnitřní části stěny (Baitinger-Kresten 2012, 500).



Obr. 26: Altkönig. Tavený křemeneč z oblasti brány (Baitinger- Kresten 2012, 501).



Obr. 27: Analyzované vzorky z lokality Altkönig (Baitinger- Kresten 2012, 501).



Obr. 28: Plzeň Hradiště. Otisky dřeva v tavicím se materiálu (Vladař D. 19. 4. 2018)



Obr. 29: Plzeň Hradiště. Detailní zobrazení otisků dřeva (Vladař D. 19. 4. 2018).



Obr. 30: Plzeň Hradiště. Část vzorků místních metabazaltů určená k termickým zkouškám (Šmejda et al. 2013, 174).



Obr. 31: Plzeň Hradiště. Příprava tepelných zkoušek hornin v keramických pecích (Šmejda et al. 2013, 175).



Obr. 32: Plzeň Hradiště. Vzorek metabazaltu zahřátý na 1300°C (Šmejda et al. 2013, 177).



Obr. 33: Plzeň Hradiště. Žárem rozpraskaný surový materiál (Vladař D. 19. 4. 2018).



Obr. 34: Plzeň Hradiště. Stopy popraskání materiálu, hluboko až do středu horniny (Vladař D. 19. 4. 2018).



Obr. 35: Plzeň Hradiště. Natavená hornina (Vladař D. 19. 4. 2018).



Obr. 36: Plzeň Hradiště. Druhá, nenatavená strana vzorku č. 3 (Vladař D. 19. 4. 2018).



Obr. 37: Plzeň Hradiště. Vzorek vykazující v době tavby velmi nízkou viskozitu (Vladař D. 19. 4. 2018).



Obr. 38: Plzeň Hradiště. Slinutí materiálů do jednoho konzistentního kusu (Vladař D. 19. 4. 2018).



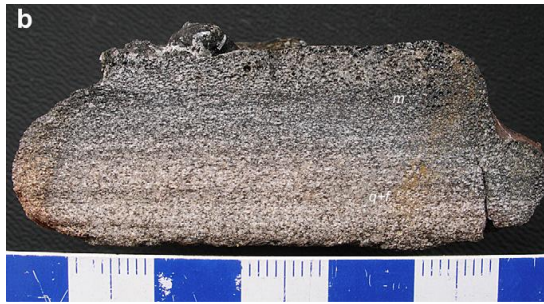
Obr. 39: Plzeň Hradiště. Pemzovitý materiál vytvořený tavnou materiálů (Vladař D. 19. 4. 2018).



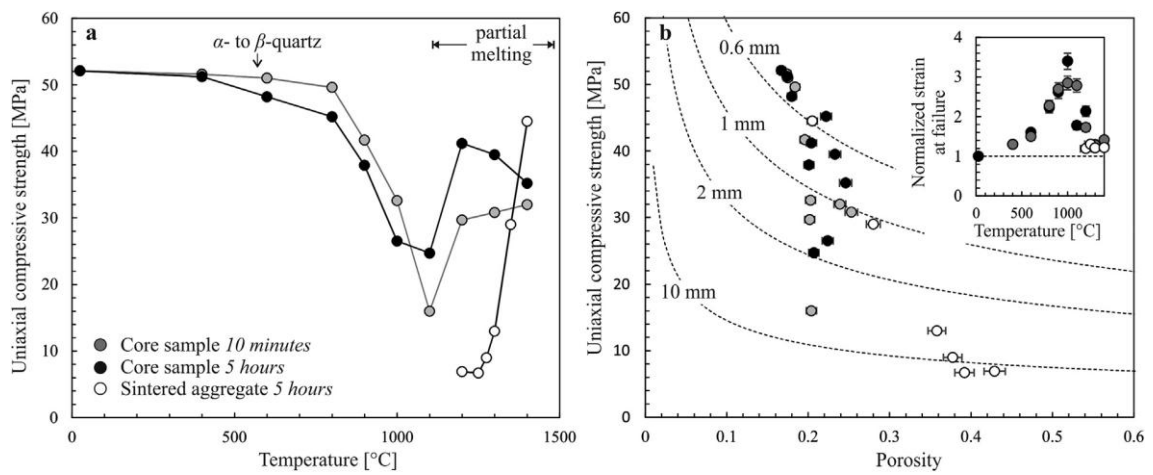
Obr. 40: Plzeň Hradiště. Natavený metabazalt zahřátý na 1166°C (Šmejda et al. 2013, 178).



Obr. 41: Experimentální vzorek horniny z lokality The Torr (Friend 2008, 3132).



Obr. 42: Průřez vzorku z lokality The Torr (Friend 2008, 3132).



Obr. 43: Tepelné zpracování jader a práškových agregátů z lokality Darley Dale (Wadsworth–Heap–Dingwell 2016, 10).



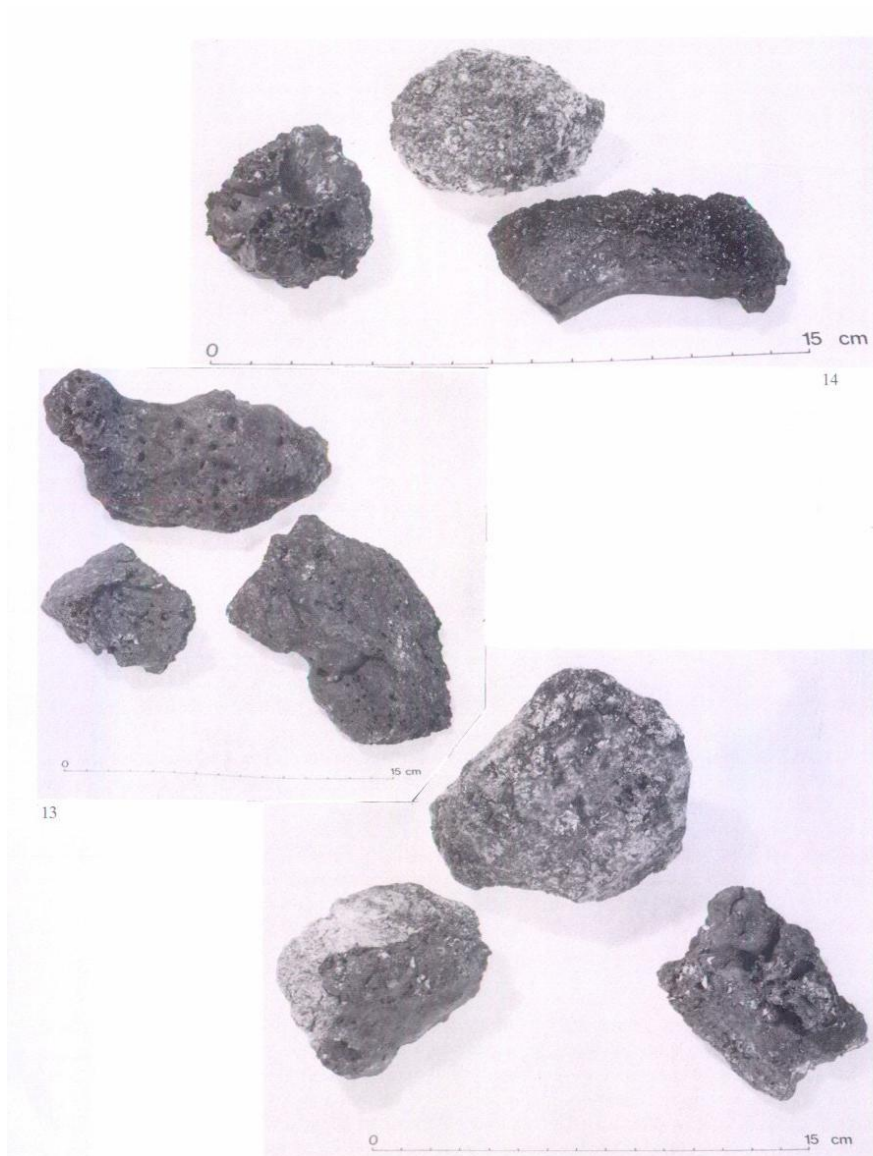
Obr. 44: Aberdeen. Oheň vytvořený z podpálených křovin a dřevěných odřezků při jihozápadní straně (Ralston 1986, 26).



Obr. 45: Aberdeen. Detail zdi jihozápadní stěny, jejíž úsek se zhroutil (Ralston 1986, 31).



Obr. 46: Aberdeen. Jihozápadní plocha stěny v 8:30 hodin 2. dubna (Ralston 1986, 31).



Obr. 47: Aberdeen. Příklady vitrifikovaného kamenného materiálu získané ze zdi East Tullis (Ralston 1986, 33).