

Manuál:

Tvorba komprese ze zdrojového obrázku

MPO FV 10202: Databáze materiálových mikrostruktur pro aditivní výrobu

Ver. 1.1 (poslední aktualizace: září 2020)

Martin Doškář, Jan Novák

Obsah

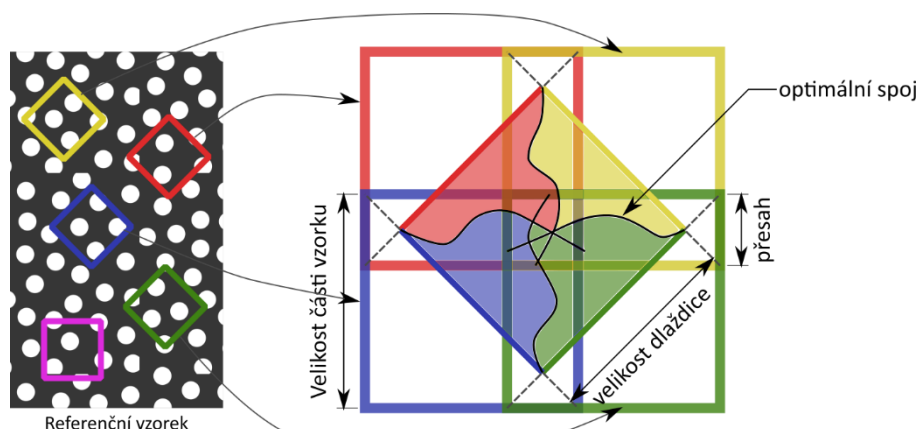
Manuál: Tvorba komprese ze zdrojového obrázku	
Úvod	1
Teorie.....	1
Popis řešení	2
Konzolové rozhraní.....	2
Grafické rozhraní	3

Úvod

Moderní kompresní přístupy geometrie jsou zpravidla založeny na optimalizačních technikách, genetických algoritmech, heuristických přístupech apod. ve spojení s cílovou objektivní funkcí navrženou ve smyslu nějaké prostorové statistiky. Společným jmenovatelem takovýchto přístupů je zpravidla jejich použitelnost na velmi úzkou skupinu geometrií a také jejich vysoká výpočetní náročnost. Naopak přístup založený na generování komprese materiálové mikrostruktury přímo ze zdrojových cílových dat je extrémně rychlý a obecně použitelný. Jeho nevýhodou pak mohou být defekty způsobené spojovacím algoritmem, které je ale možné eliminovat vhodným výběrem a případným posunem vstupních vzorků při zachování uživatelem vybraného množství mikrostrukturální informace do výsledných dlaždic.

Teorie

Tento nástroj je inspirován prvním využitím konceptu Wangova dláždění v oboru počítačové grafiky. Samotný algoritmus je založen na předpokladu, že dostatečně velký vzorek mikrostruktury obsahuje potřebnou úroveň informace o materiálové mikrostruktuře, byť ve své podstatě plně stochastické. Aby se nemusela sestavovat komprimovaná reprezentace úplně nanovo, využívají se tedy části mikrostruktury (např. vybrané tak, aby jejich prostorové statistiky byly dostatečně reprezentativní s ohledem na statistiku uživatelem zadaného vzorku), které se přidruží k jednomu z vybraných kódů na hranách dlaždice.



Obrázek 1: Ilustrace návrhu z referenční mikrostruktury

Ilustrace tvorby jedné dlaždice ze setu je znázorněna na Obrázek 1. V levé části jsou vyznačeny jednotlivé části referenční mikrostruktury použité pro konstrukci dlaždic (ne všechny musí být nezbytně využity při tvorbě právě zobrazené dlaždice). Samotná dlaždice pak vzniká jak čtvercový, o 45° proti směru hodinových ručiček otočený výřez z částečně se překrývajících částí referenční mikrostruktury. Tyto části jsou poskládány tak, aby odpovídaly kódům na hranách výsledné dlaždice. Tím, že výsledek obsahuje vždy jen polovinu částí referenční mikrostruktury je zajištěna spojitost komprimované reprezentace, protože každá dlaždice, která může být vyskládána vedle té, které je nyní konstruována, bude obsahovat právě onu zbývající polovinu.

Zbývá však spojit částečně se překrývající části referenčních mikrostruktury v jejich přesahu tak, aby byly eliminovány nepřírozené artefakty. Pro tento účel je použit tzv. Quilting algoritmus představený

Efrosem a Freemanem v původním článku (Efros & Freeman, 2001). Jedná se o úlohu minimalizace kumulativní chyby, která je definována jako součet rozdílů hodnot

Mějme dvě pole A a B definované v přesahu o výšce h a šířce w , které uvažujeme zarovnané, tj. $A(i, j)$ odpovídá $B(i, j)$. Následně je možné definovat lokální chybu pro každý bod přesahu

$$\epsilon(i, j) = \|A(i, j) - B(i, j)\|_N, \forall (i, j) \in \{1 \dots h\} \times \{1 \dots w\}$$

kde norma $\|\cdot\|_N$ může být volena libovolně, ale zde bude uvažovat Euklidovskou normu rozdílů hodnot pixelu reprezentovaných pomocí trojice RGB hodnot škálovaných na rozsah od 0 do 1.

Následně můžeme definovat částečnou kumulativní chybu pro jednotlivé řádky přesahu

$$E(i, j) = \begin{cases} \epsilon(i, j), & i = 1 \\ e(i, j) + \min_{k \in \{j-1, j, j+1\}} E(i-1, k), & i > 1 \end{cases}$$

Optimální spoj dvou vzorků $Q(i)$ je pak dán postupnou minimalizací z předchozího bodu, tj.

$$Q(h) = \operatorname{argmin}_{j \in \{0 \dots w\}} E(h, j)$$

$$Q(i) = \operatorname{argmin}_{j \in \{Q(i-1)-1, Q(i-1), Q(i-1)+1\}} E(i, j), 0 < i < h$$

Popis řešení

Nástroje jsou napsány v jazyce C++ dle poslední revize standardu ISO/IEC 14882:2017 (častěji uváděné jako C++17) s využitím algoritmů standardní knihovny (včetně paralelizace). Nástroje jsou řešeny jako konzolové aplikace. Grafické rozhraní je dodáno v rámci webového rozhraní celé platformy, které tento nástroj volá externě.

Konzolové rozhraní

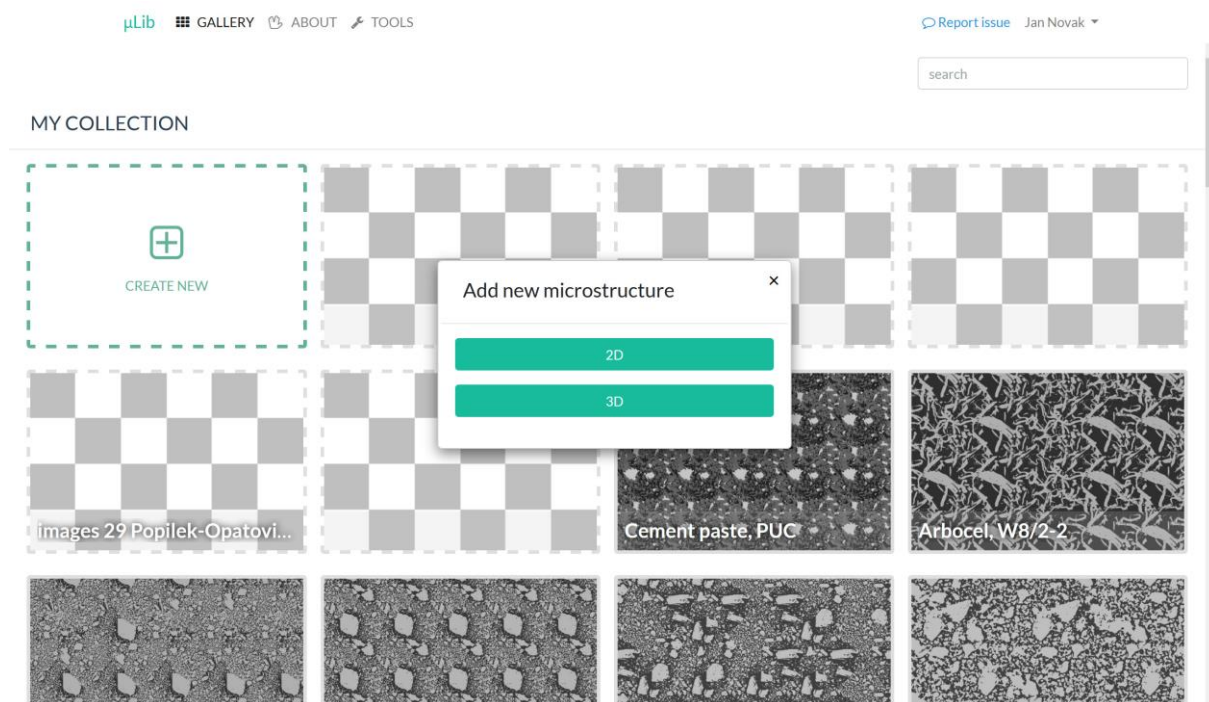
Vstupním parametrem nástroje je cesta k JSON souboru obsahujícímu následující parametry nástroje:

<code>tileSize</code>	Velikost výstupní komprimované reprezentace (PUC nebo jedné dlaždice) v pixelech.
<code>sampleOverlap</code>	Isotropní velikost přesahu dvou vzorků, které odpovídají zvoleným kódům přiřazeným hranám.
<code>tiles</code>	Definice souboru modulů (tento záznam je popsán i ve zprávě (Beneš, Kolářová, & Rypl, 2018)) jako pole JSON modulů následujícími záznamy:
<code>id</code>	Celočíselný (nezáporný) unikátní kód modulu (jednotlivé moduly v souboru nemusí být číslovány spojitě)
<code>codes</code>	Čtyřprvkové pole obsahující kódy přiřazené jednotlivým hranám/stranám určující požadavek návaznosti/kompatibility mikrostruktury
<code>samples</code>	Pole JSON záznamů, z nichž každý musí obsahovat níže uvedené vstupy. Pořadí odpovídá indexu kódu na abstraktní definici dlaždice.
<code>originI</code>	Souřadnice i počátečního bodu části referenční mikrostruktury.
<code>originJ</code>	Souřadnice j počátečního bodu části referenční mikrostruktury.

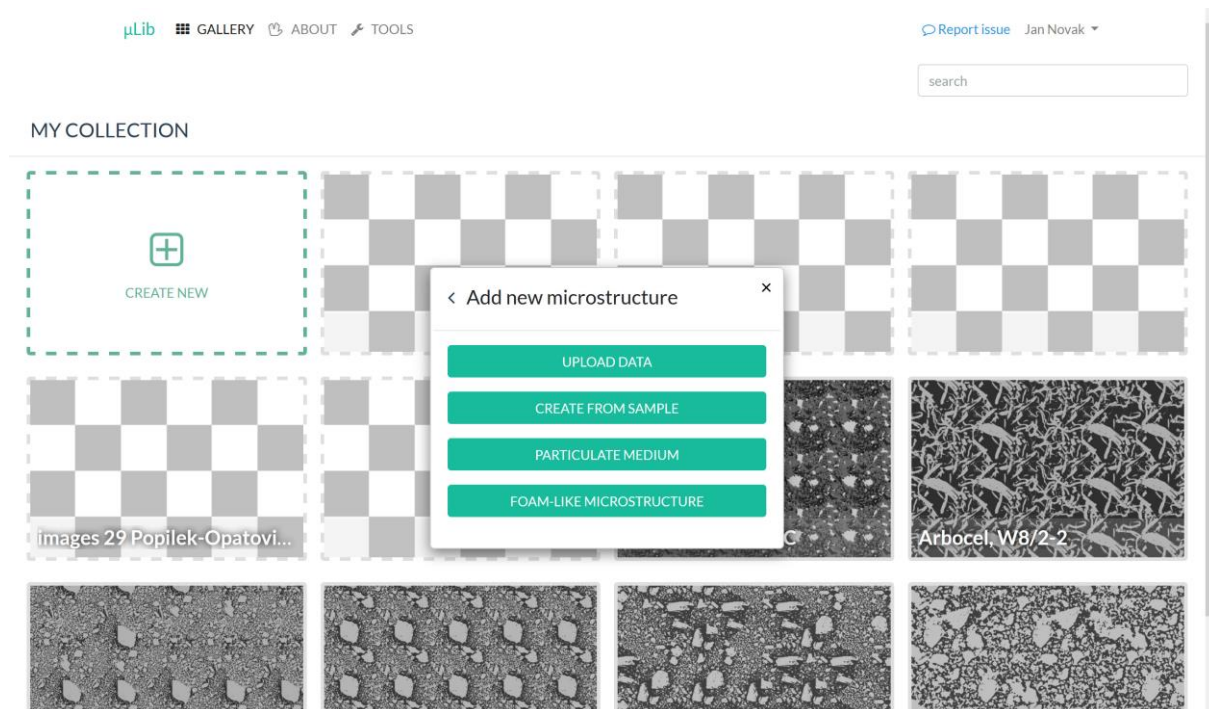
Grafické rozhraní

Grafické rozhraní přístupné na webové platformě dovoluje velmi komfortně a rychle generovat komprese materiálů s libovolnou kardinalitou výsledných množin dlaždic. Celý postup se volá z rozhraní Galerie („Gallery“), a to po zaregistrování a přihlášení do systému.

Postup komprese geometrie a její uložení do galerie je ilustrován následující sérií komentovaných snímků obrazovky zobrazující základní postup při tvorbě mikrostruktury pomocí tohoto nástroje.

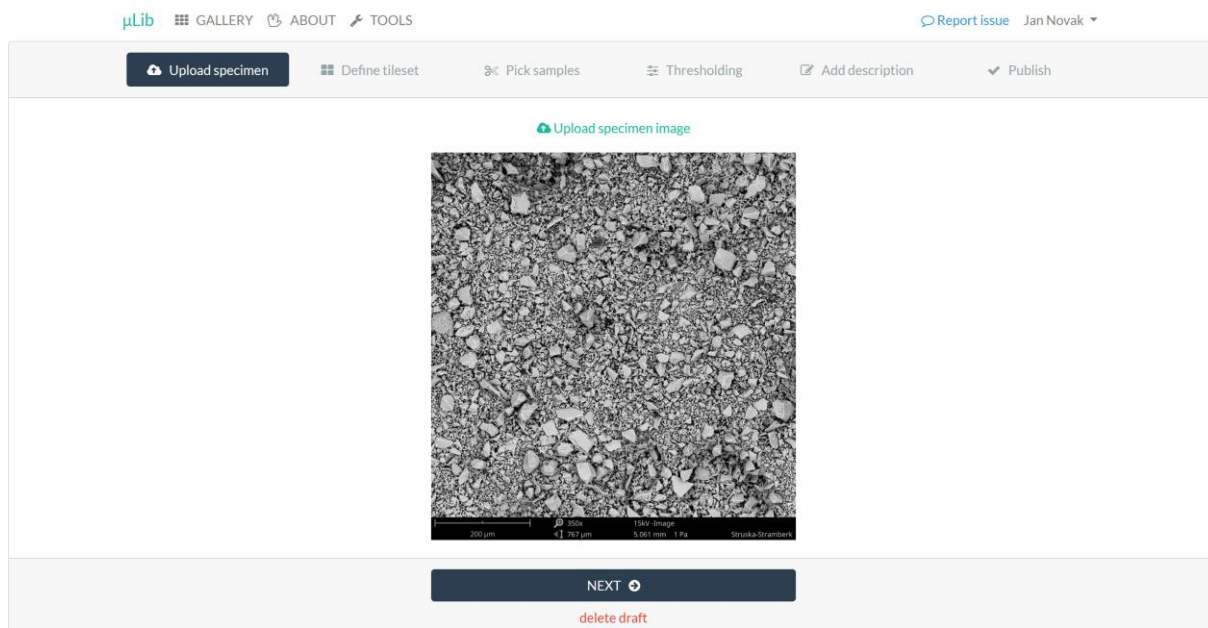


Obrázek 2: Výběr dimenze úlohy při vložení nového záznamu (komprese geometrie)

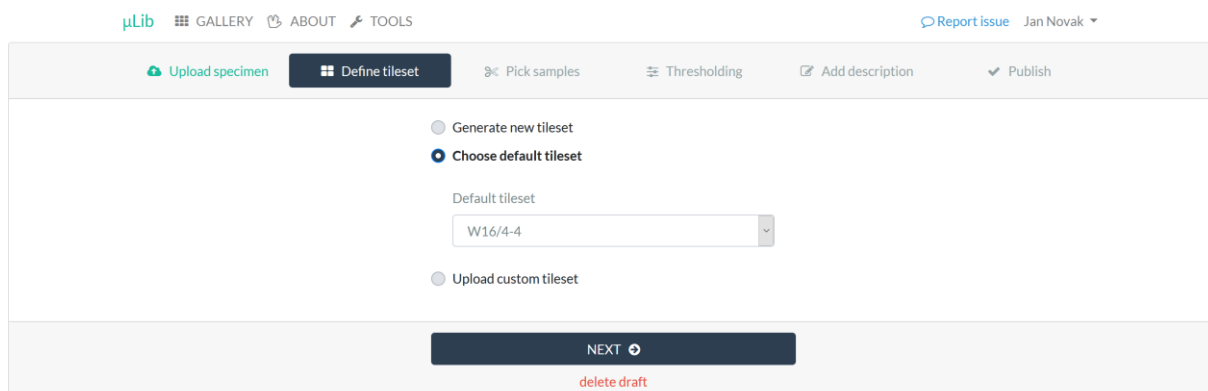


Obrázek 3: Výběr metody komprese geometrie; nutno zvolit „Create from sample“

Manuál: Tvorba komprese ze zdrojového obrázku

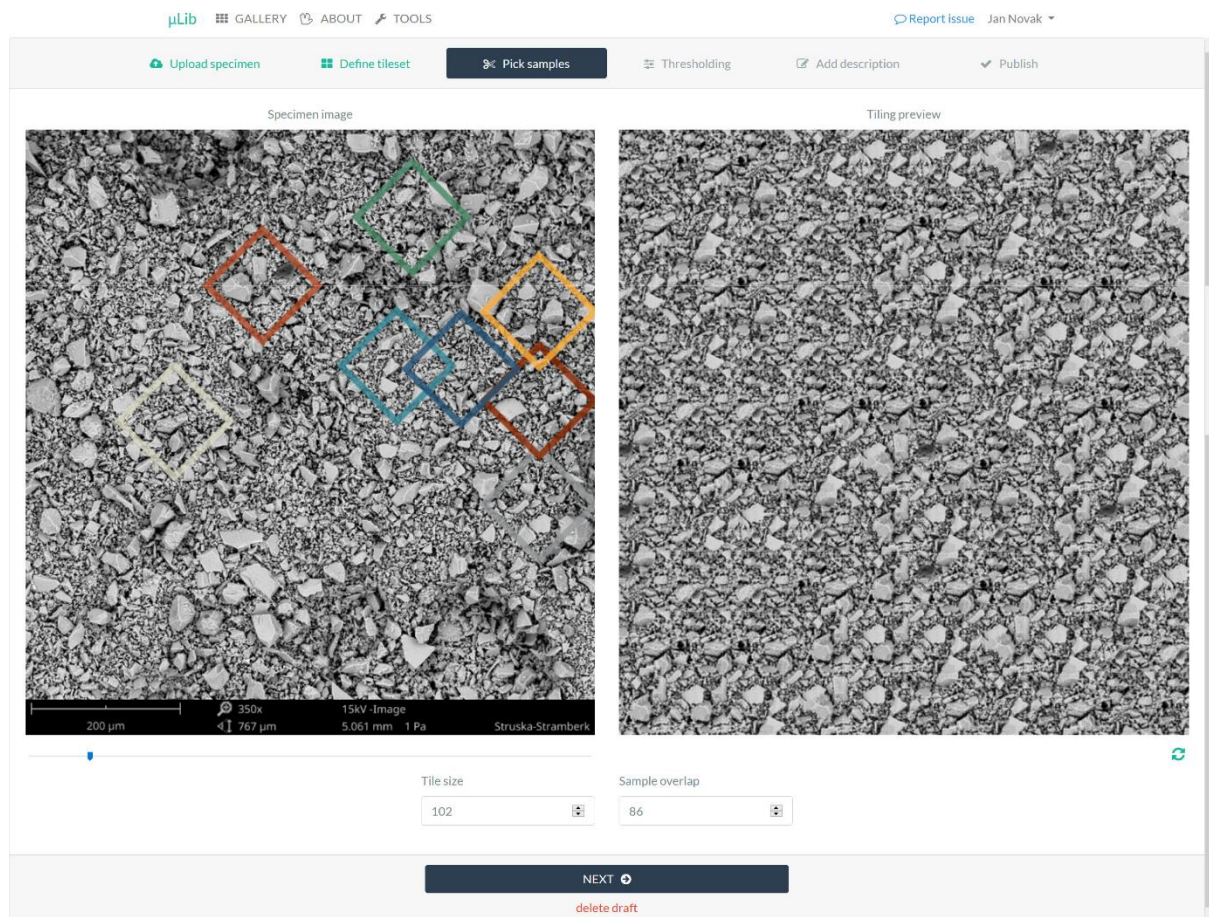


Obrázek 4: Načtení zdrojového obrázku/dat, ze kterých bude komprese vytvořena pomocí výše popsaného algoritmu



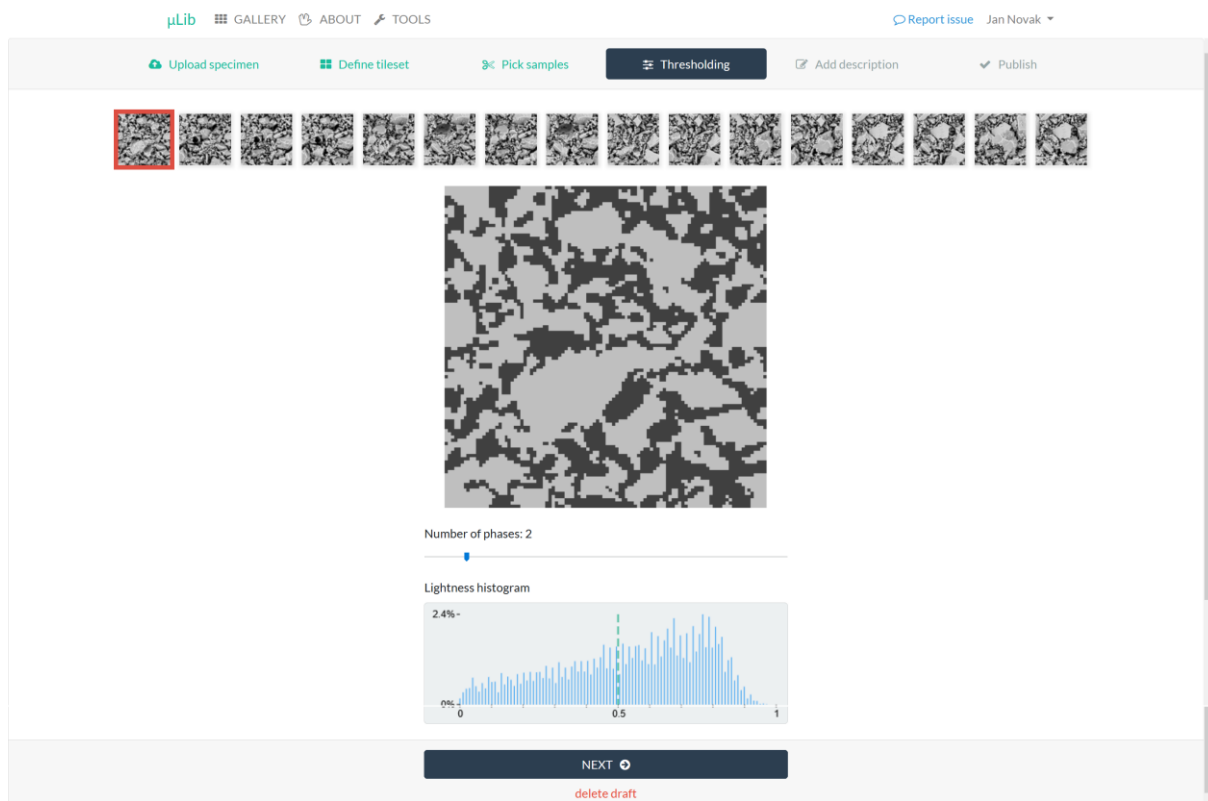
Obrázek 5: Volba kardinality požadované množiny dlaždic (volba intenzity komprese)

Manuál: Tvorba komprese ze zdrojového obrázku

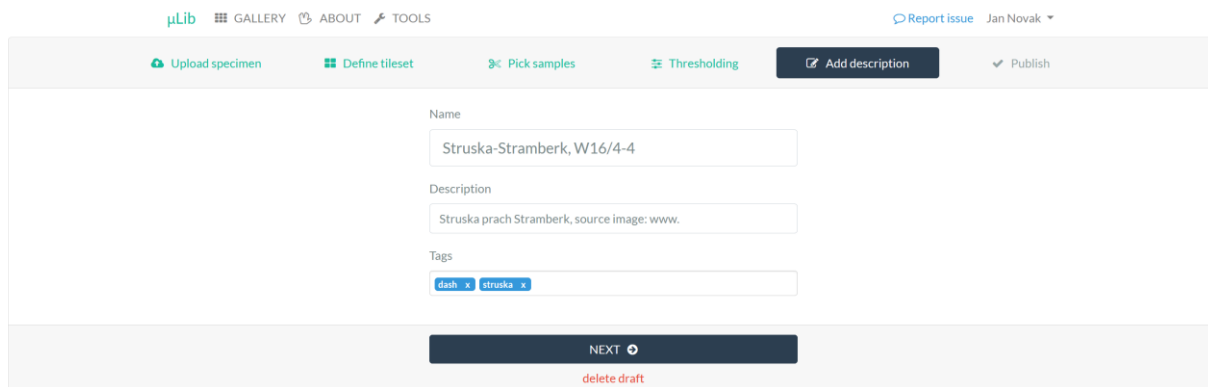


Obrázek 6: Základní rozhraní pro výběr vhodných vzorků, které odpovídají kódům úrovně komprese zvolené v předchozím kroku. Volba mikrostrukturální informace uložená v dlaždicích se provede posunem a nastavením velikosti barevných výřezů ze zdrojových dat vlevo. Šířka pásu pro „Image Quilting“ algoritmus se volí parametrem „Sample overlap“

Manuál: Tvorba komprese ze zdrojového obrázku

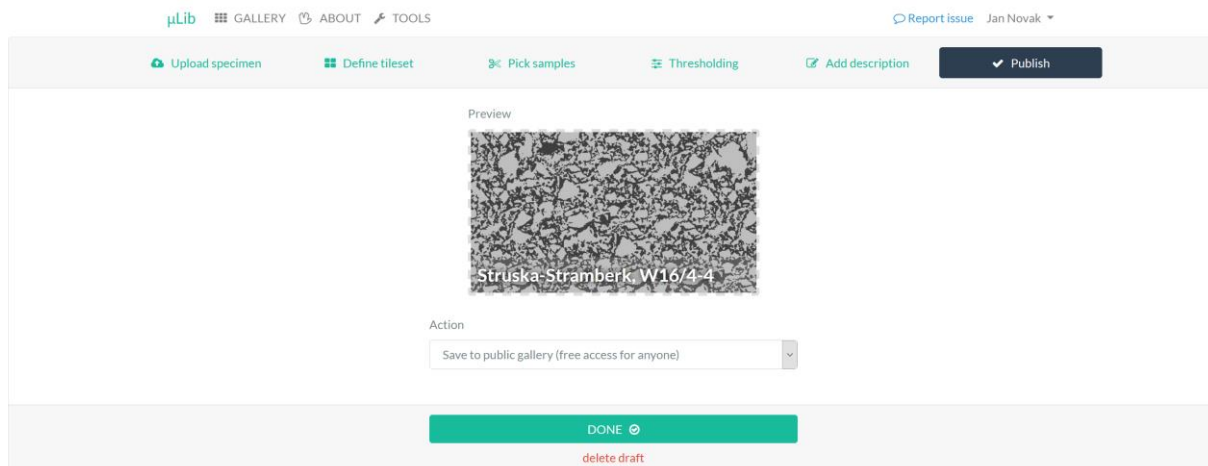


Obrázek 7: Výběr prahu pro rozlišení jednotlivých materiálových fází v komprimované mikrostrukturu

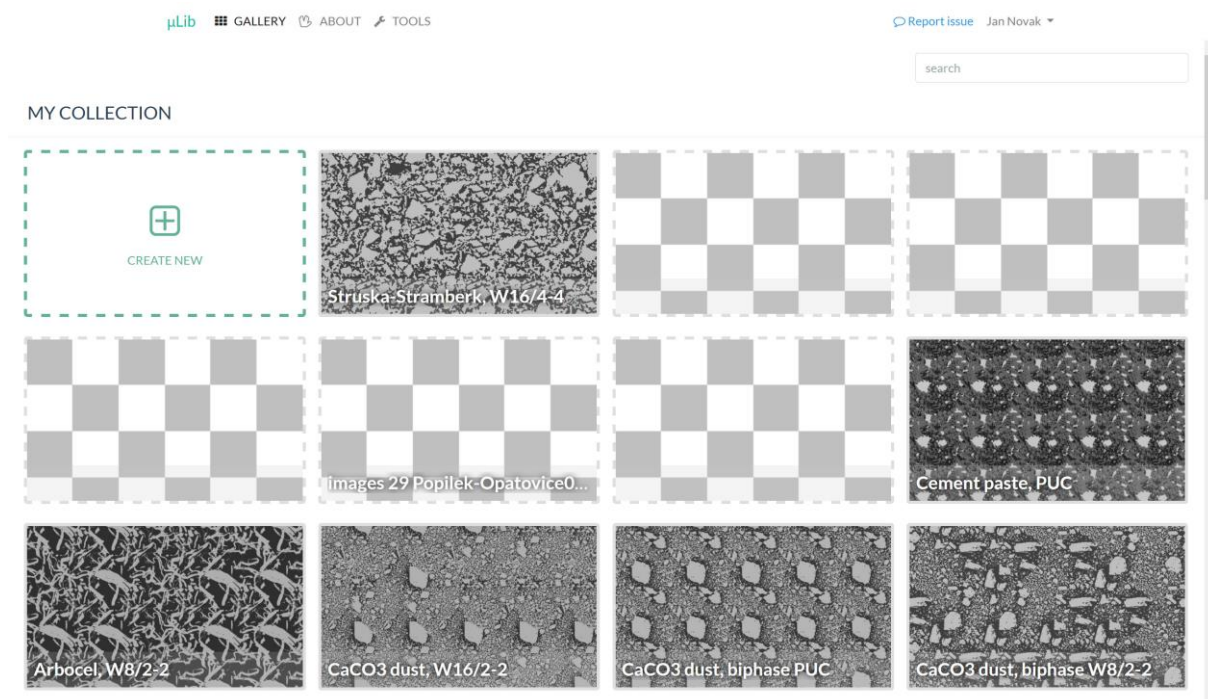


Obrázek 8: Popis nového záznamu

Manuál: Tvorba komprese ze zdrojového obrázku



Obrázek 9: Výběr formy publikace (zda bude veřejně dostupný či soukromý) a následné uložení záznamu



Obrázek 10: Pohled do galerie s novým záznamem (Struska Štramberk)

Reference

Beneš, Š., Kolářová, K. D., & Rypl, D. (2018). Návrh architektury platformy a definice formátů.

Efros, A. A., & Freeman, W. T. (2001). Image Quilting for Texture Synthesis. *ACM Transactions on Graphics*, stránky 341-346.