

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
STROJNÍ**



**BAKALÁŘSKÁ
PRÁCE**

2022

**MATYÁŠ
AIM**



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STROJNÍ

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

**Vliv změny parametrů čistoty povrchu na
vlastnosti nátěrových hmot**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

AUTOR: Matyáš Aim

VEDOUcí PRÁCE: Ing. Jan Kudláček, Ph.D.

STUDIJNÍ PROGRAM: B 2342 Teoretický základ strojího inženýrství

STUDIJNÍ OBOR: 2301R000 Studijní program je bezoborový

Praha 2022

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Aim** Jméno: **Matyáš** Osobní číslo: **491288**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávající katedra/ústav: **Ústav strojírenské technologie**
Studijní program: **Teoretický základ strojírenského inženýrství**
Studijní obor: **bez oboru**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Vliv změny parametrů čistoty povrchu na vlastnosti nátěrových hmot

Název bakalářské práce anglicky:

The influence of changes the parameters of surface cleanliness on the properties of coatings

Pokyny pro vypracování:

- 1) Rozbor problematiky čistoty povrchu a jejich předúprav
- 2) Experimentální porovnání a vyhodnocení čistoty povrchu na vlastnosti nátěrových hmot.
- 3) Technicko-ekonomické zhodnocení dosažených výsledků

Seznam doporučené literatury:

ASM Handbook Volume 5: Surface Engineering
ISBN: 978-0-87170-384-2

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Jan Kudláček, Ph.D. ústav strojírenské technologie FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **21.04.2022**

Termín odevzdání bakalářské práce: **15.08.2022**

Platnost zadání bakalářské práce: **31.12.2022**

Ing. Jan Kudláček, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

doc. Ing. Ladislav Kolařík, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

doc. Ing. Miroslav Španiel, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Prohlášení

Tímto prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Jana Kudláčka, Ph.D., a to pouze pomocí podkladů uvedených v seznamu použité literatury v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací, vydaným ČVUT v Praze 1. 7. 2009.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne:

.....

Podpis autora

Poděkování

Děkuji panu Ing. Janu Kudláčkovi, Ph.D. za odborné vedení mé bakalářské práce, ochotu a trpělivost. Dále děkuji panu Ing. Jiřímu Kuchařovi, Ph.D. a panu Ing. Jaroslavu Červenému, Ph.D. za seznámení s přístroji v laboratoři a za užitečné rady.

Anotace

Název diplomové práce:	Vliv změny parametrů čistoty povrchu na vlastnosti nátěrových hmot
Autor práce:	Matyáš Aim
Vedoucí práce:	Ing. Jan Kudláček, Ph.D.
Akademický rok:	2021/2022
Vysoká škola:	ČVUT v Praze, Fakulta strojní
Ústav:	12133 – Ústav strojírenské technologie
Vedoucí ústavu:	doc. Ing. Ladislav Kolařík, Ph.D., IWE
Rozsah práce:	81 stránek, 9 tabulek, 42 obrázků, 6 příloh
Klíčová slova:	předúprava povrchu, nátěrová hmota, čistota povrchu, mastnota, přilnavost, odmašťování
Abstrakt:	V teoretické části je rozebrána problematika čistoty a předúprav povrchu, složení a nanášení nátěrových hmot. Dále jsou zde uvedeny způsoby hodnocení vlastností povrchu i nátěru. Experimentální část obsahuje měření vlivu mastnoty povrchu na přilnavost nátěrové hmoty.

Annotation

Title of the final thesis: The influence of changes the parameters of surface cleanliness on the properties of coatings

Author: Matyáš Aim

Supervisor: Ing. Jan Kudláček, Ph.D.

Academic year: 2021/2022

University: CTU in Prague, Faculty of Mechanical Engineering

Department: 12133 – Department of Manufacturing Technology

Head of department: doc. Ing. Ladislav Kolařík, Ph.D., IWE

Extent: 81 pages, 9 tables, 42 pictures, 6 attachments

Keywords: surface pre-treatment, coating, surface cleanliness, greasiness, adhesion, degreasing

Abstract: The theoretical part discusses the issues of surface cleanliness and pre-treatment, composition and application of coatings, as well as methods of evaluating surface and coating properties. The experimental part includes the measurement of the effect of surface grease on the adhesion of the paint.

Obsah

1. ÚVOD A CÍL PRÁCE	12
2. Čistota povrchu	13
2.1 Druhy nečistot a typy jejich vazeb k povrchu	13
3. Čištění a předběžné úpravy povrchů.....	14
3.1 Mechanické předúpravy povrchů	15
3.1.1 Broušení.....	15
3.1.2 Leštění.....	15
3.1.3 Kartáčování.....	16
3.1.4 Omílání.....	16
3.1.5 Otryskávání.....	17
3.1.6 Speciální způsoby mechanického čištění.....	18
3.1.6.1 Oklepávání	18
3.1.6.2 Opalování plamenem.....	19
3.1.6.3 Čištění kapalinou o vysokém tlaku	19
3.2 Chemické úpravy povrchu	19
3.2.1 Odmašťování	19
3.2.1.1 Odmašťování v organických rozpouštědlech.....	20
3.2.1.2 Odmašťování v alkalických roztocích.....	21
3.2.1.3 Odmašťování vodnými tenzidovými prostředky.....	22
3.2.1.4 Emulzní odmašťování.....	22
3.2.1.5 Jiné způsoby odmašťování.....	22
3.2.1.6 Odmašťování ponorem	23
3.2.1.7 Odmašťování postřikem	23
3.2.1.8 Odmašťování v páře.....	23
3.2.1.9 Odmašťování elektrolytické.....	23

3.2.1.10	Odmašťování ultrazvukem.....	24
3.2.1.11	Odmašťování mechanické a tepelné	24
3.2.2	Moření	25
3.2.3	Odrezování.....	25
3.2.4	Leštění.....	26
4.	Nátěrové hmoty	26
4.1	Složky nátěrových hmot.....	26
4.1.1	Filmotvorné látky.....	27
4.1.2	Pigmenty.....	27
4.1.3	Plnidla	27
4.1.4	Těkavé složky	28
4.1.5	Aditiva.....	28
4.2	Nanášení nátěrových hmot.....	28
4.2.1	Nanášení štětcem	29
4.2.2	Nanášení válečkem	29
4.2.3	Nanášení rukavicí.....	29
4.2.4	Nanášení pneumatickým stříkáním	29
4.2.5	Nanášení vysokotlakým stříkáním	30
4.2.6	Nanášení v ohřátém stavu stříkáním	31
4.2.7	Nanášení v elektrickém poli	31
4.2.8	Elektrochemické nanášení.....	32
4.2.9	Nanášení máčením	32
4.2.10	Nanášení poléváním	33
4.2.11	Nanášení v bubnu	33
4.2.12	Nanášení navalováním	33
5.	Hodnocení čistoty a drsnosti povrchu	34

5.1	Detekce zamaštění pomocí fixů a inkoustů	35
5.2	Metoda porušení souvislého vodního filmu	35
5.3	Metoda postřiková.....	36
5.4	Metoda hmotnostní (vážková).....	36
5.5	Metoda luminiscence.....	36
5.6	Měření drsnosti komparátorem	38
5.7	Měření drsnosti drsnoměrem.....	39
6.	Hodnocení vlastností nátěru	40
6.1	Odrhová zkouška	41
6.2	Mřížková zkouška.....	43
6.3	Zkouška křížovým řezem.....	44
7.	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST.....	45
7.1	Vzorky	45
7.2	Návrh experimentu	47
7.3	Měření počátečního zamaštění	47
7.3.1	Vyhodnocení.....	48
7.3.2	Diskuze výsledků.....	50
7.4	Odmaštění.....	50
7.5	Měření zamaštění po odmaštění	51
7.5.1	Vyhodnocení.....	51
7.5.2	Diskuze výsledků.....	52
7.6	Zamaštění.....	53
7.7	Měření zamaštění po zamaštění.....	54
7.7.1	Vyhodnocení.....	54
7.7.2	Diskuze výsledků.....	56
7.8	Měření povrchového napětí inkousty.....	56

7.8.1	Vyhodnocení.....	57
7.8.2	Diskuze výsledků.....	58
7.9	Měření drsnosti.....	59
7.9.1	Vyhodnocení.....	60
7.9.2	Diskuze výsledků.....	61
7.10	Aplikace nátěrové hmoty	61
7.11	Měření tloušťky nátěru	62
7.11.1	Vyhodnocení.....	63
7.11.2	Diskuze výsledků.....	64
7.12	Mřížková zkouška	64
7.12.1	Vyhodnocení.....	65
7.12.2	Diskuze výsledků.....	66
7.13	Odtrhová zkouška.....	67
7.13.1	Vyhodnocení.....	70
7.13.2	Diskuze výsledků.....	72
8.	Technicko – ekonomické zhodnocení	73
6.	ZÁVĚR	74
	Bibliografie.....	75
	Seznam tabulek	78
	Seznam obrázků.....	79
	Seznam příloh	81

1. ÚVOD A CÍL PRÁCE

Ke zlepšení vlastností, ať už funkčních či pohledových, se povrchy součástí ošetřují povrchovými úpravami. Kromě parametrů týkajících se samotné aplikované povrchové úpravy je neméně důležitým faktorem čistota povrchu, na kterém bude povrchová úprava provedena. Správné očištění povrchu má významný vliv na vlastnosti povrchové úpravy a při jeho nedostatečném provedení není dosaženo takové kvality, kterou navrhl výrobce.

Existuje mnoho způsobů čištění povrchu, ovšem každý z nich působí jinak. Jednotlivé způsoby se často kombinují, resp. provádí se v určitém pořadí za sebou. Každá povrchová úprava tak má díky svým specifickým vlastnostem navržený vlastní postup přípravy povrchu.

Prvním z cílů této bakalářské práce je zpracovat rešerši v oblasti technologií předúprav povrchu, složení a nanášení nátěrových hmot. Podobným způsobem pak seznámit se způsoby, kterými se hodnotí vlastnosti povrchu a nátěrové hmoty. Dalším cílem, jenž souvisí s experimentální částí práce, je zhodnotit vliv mastných nečistot na vlastnosti nanesené nátěrové hmoty, zejména z hlediska přilnavosti. Poslední cíl spočívá v provedení technicko - ekonomického zhodnocení.

2. Čistota povrchu

Na povrchu součásti se vždy vyskytují nějaké nečistoty, které je před nanesením povrchové úpravy nutno odstranit. Absolutní čistoty povrchu však nelze dosáhnout, a tak se usiluje alespoň o co největší přiblížení se tomuto ideálnímu stavu.

Nečistoty mohou být různého typu i původu, tedy mohou se na povrchu vyskytovat neúmyslně (např. usazený prach z atmosféry, okuje z výroby), ale i záměrně, kam je možné zahrnout i případ při přepravě součásti zakonzervované v oleji. Dále se může značně lišit jejich množství a velikost – od okem nepostřehnutelných po makroskopické. I proto, že pouhou vizuální kontrolou nelze přesně určit stav povrchu ohledně čistoty, je vždy nezbytné věnovat procesu přípravy patřičnou pozornost a zahrnout jej do technologického postupu. V opačném případě dochází ke snížení životnosti a spolehlivosti součásti vlivem popraskání či dokonce odloupení ochranného povlaku, kdy v daném místě se začne šířit koroze. Nebezpečí spočívá také v tom, že koroze může pronikat do hloubky a na povrchu se nemusí výrazně projevit, takže v konečném důsledku může dojít až k prasknutí součásti, a to i bez předchozích náznaků. K poruše vrstvy nátěru nemusí dojít ihned po jejím nanesení, ale až po delší době, kdy nežádoucí neodstraněné látky pod vrstvou nátěrové hmoty nahromadí dostatečné množství energie k porušení její celistvosti. [1]

2.1 Druhy nečistot a typy jejich vazeb k povrchu

Na povrchu se vyskytují nečistoty dvojího typu: ulpělé (cizí) a vlastní (chemicky vázané). [2; 3]

Ulpělé nečistoty jsou k povrchu vázány adhezními silami, jejichž příčinou jsou molekulární přitažlivé síly. Patří sem např. mastné zbytky brusných a leštících past, emulzí a chladicích kapalin z obrábění, prach z atmosféry, kovové třísky po mechanickém zpracování, zbytky brusiv či lepidla. Částice se však mohou na povrchu nacházet také vlivem drsnosti povrchu, pak je jejich odstranění jednoduché. [2; 3; 4]

Vlastní nečistoty mají původ v materiálu součásti, se kterým tvoří chemickou vazbu. Řadí se mezi ně korozní zplodiny, kam patří okuje (oxidy kovu vznikající při tepelném zpracování), dále pak sloučeniny jako např. uhličitany, sírany, hydroxidy a také rez,

tj. hydratované oxidy kovu pomalu vznikající za působení atmosférické vlhkosti při běžných teplotách. Odstraňují se mechanicky, mořením nebo odrezováním. Tyto nečistoty mají větší specifický objem než daný kov, takže pod nátěrem mohou narůstat a tvořit základ dalším korozním procesům. [1; 2; 4; 5]

Posledním typem vazby je vazba adsorpční, která je sice silnější než vazba adhezní, ale slabší než vazba chemická. Tímto způsobem jsou na povrch vázané převážně rozpuštěné látky a kapalné a voskové substance, které se nerozpouští ve vodě. Typickým příkladem jsou tuky a oleje, a to jak nesouvisející s výrobou dané součásti, tak různá maziva, kapaliny a pasty používané např. při řezání či leštění výrobku. Adsorpční vazba se vyznačuje tím, že čím blíže jsou vrstvy molekul kovovému povrchu, tím hůře jsou odstranitelné. Zbývá tenká vrstva odolává stírání i rozpouštění a k jejímu odstranění je nutné využít odmaštění. [4]

V praxi se často výše zmíněné druhy nečistot vyskytují zároveň. [3]

3. Čištění a předběžné úpravy povrchů

Pro kvalitní nátěr s dlouhou životností je velmi důležitá předúprava povrchu, která má vliv na jakost a výsledné vlastnosti nátěru. Pomocí předúpravy povrchu se dosahuje určitý stav povrchu po stránce mikrostruktury i čistoty. Povrch musí být zbaven všech druhů nečistot tak, aby se mezi vrstvou nátěru a povrchem nevyskytovala nežádoucí mezivrstva, čili aby vrstva nátěru přilnula přímo k povrchu daného výrobku. Zároveň však musí být brán zřetel na otázku ceny a složitosti operace. [1; 4; 5]

Protože není možné odstranit všechny nečistoty pouze jednou operací, zahrnuje obvykle předúprava povrchu mechanické a chemické čištění. Nejdříve se odstraňují tlusté vrstvy tuků rozpouštědly a hrubé nečistoty mechanickým způsobem. Následně probíhá očištění od nečistot, které jsou k povrchu vázány adsorpcí – zároveň se tak odstraní i nečistoty držící slabšími adhezními vazbami. Povrch začne být smáčivý, a tak mohou přijít na řadu další přípravky k odstranění odolných zbylých nečistot, např. oxidů. [4; 5]

3.1 Mechanické předúpravy povrchů

Tímto způsobem dosahuje povrch požadované jakosti a kvality, ale na rozdíl od třískového obrábění už nejsou upravovány rozměry a tvar součásti předepsané na výkresu. Účelem je odstranění nečistot z povrchu (okují, písku, rzi, grafitu), zlepšení přílnavostních podmínek pro následující nátěrové hmoty, zlepšení vzhledu, korozní odolnosti a mechanických vlastností povrchu. Významným faktorem z hlediska přílnavosti nátěru je výsledná drsnost povrchu. Tu je vhodné volit v určitém optimálním rozmezí, tedy nikoliv příliš nízkou či příliš vysokou. Lehce zdrsňený povrch má v porovnání s velmi hladkým mnohem větší plochu, na které se mohou částice nátěru uchytit, čehož důsledkem je celkově lepší přílnavost. Naopak příliš drsný povrch vyžaduje k vyrovnání vysokých nerovností velké množství nátěrového materiálu, u kterého poté hrozí vyšší riziko poškození, např. abrazí. [1; 5]

Do mechanických předúprav spadá technologie broušení, kartáčování, leštění, omílání, otryskávání a čištění speciálními metodami. Samozřejmě je možné jednotlivé technologie různě mezi sebou kombinovat. [5]

3.1.1 Broušení

Broušení, podobně jako následující metody, lze provádět ručně nebo strojně. Principem je úběr třísek materiálu, jejichž velikost závisí na velikosti a způsobu upevnění brusného materiálu na brusném nástroji (kotouči, kuželu, pásu atd.). Brusná zrna mají nepravidelný tvar, takže i výsledný povrch není dokonale hladký a bližším zkoumáním lze odhalit malé rýhy ve směru původního otáčení kotouče. Jako brusný materiál slouží korund nebo karbidy křemíku a některých kovů. Broušením s postupným snižováním velikosti zrn brusného materiálu se dosahuje hladší povrch s nižší drsností. Pro ještě lepší výsledky se po broušení následně zařazuje leštění. [5; 6]

3.1.2 Leštění

Leštěním lze odstranit i velmi malé stopy po broušení a dosahovat jím drsnosti povrchu menší než Ra 0,1 μm díky jemným zrnům. Při leštění se používají s lešticími kotouči také lešticí pasty. Tvrdost kotouče a ostrost pasty závisí na tom, jestli se jedná o předlešťování, či dolešťování – v prvním uvedeném případě se používají tvrdší kotouče s vyšší obvodovou rychlostí, ostřejší

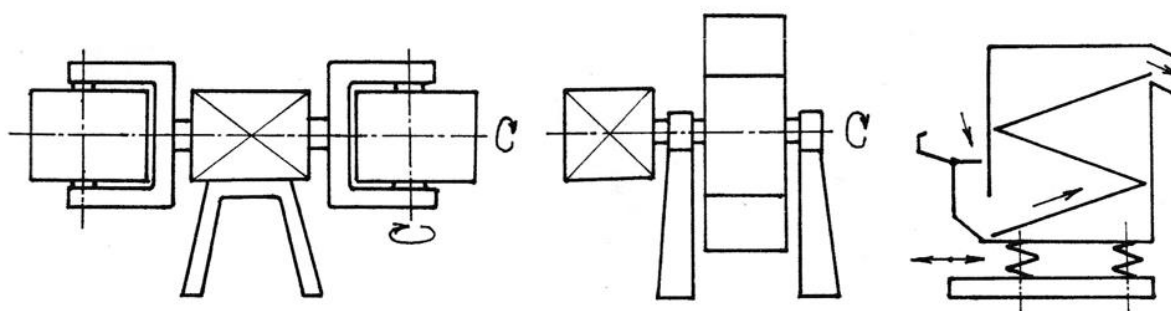
a mastnější pasty, ve druhém pak měkčí kotouče s nižší obvodovou rychlostí a sušší a jemnější pasty. [5; 6]

3.1.3 Kartáčování

Kartáčování se uplatňuje buď jako čisticí operace k odstranění hrubých nečistot (starých nátěrů, rzi apod.), nebo jako operace následující po broušení a předcházející leštění. V případě čištění se používají drátěné kartáče, pro dokončovací aplikaci pak existují kotouče, které odstraňují oxidickou vrstvu po broušení a jsou pružné, což je výhodné při opracování složitých součástí. [5]

3.1.4 Omílání

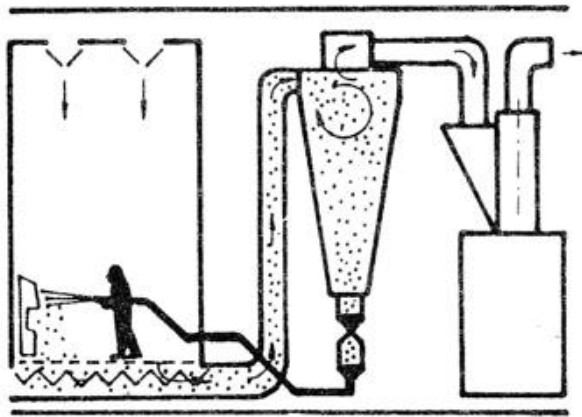
Při omílání dochází k úběru omílaného materiálu působením omílacího materiálu, přičemž zároveň s ním mohou působit i chemické prostředky v kapalině, např. pro čištění materiálů během procesu nebo k zabránění koroze. Dle charakteru omílané součásti lze volit různé parametry omílacího materiálu, např. tvrdost a hrubost či původ materiálu. Omílání také umožňuje plnit různé funkce, jako je zaoblování hran, odstraňování ostřin, broušení a leštění (lze dosáhnout drsnosti až $Ra\ 0,3\ \mu m$) a zpevňování povrchu. Podle typu stroje se dělí na vibrační, rotační a odstředivé (viz Obr. č. 1). Omílací materiál nejčastěji tvoří korund, přírodní kámen (křemen, žula), kovové a organické materiály. Technologie omílání je vhodná především ve velkosériové výrobě malých součástí nebo také pro úpravu odlitků. [5; 6]



Obr. č. 1: Schematické zobrazení způsobů omílání: a) odstředivé, b) rotační, c) vibrační [5]

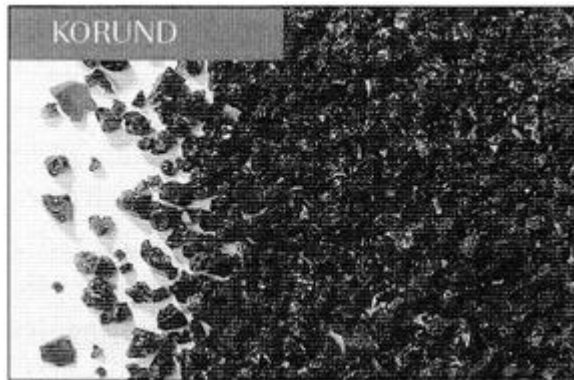
3.1.5 Otryskávání

Otryskávání slouží k odstranění nečistot z povrchu součásti, např. rzi, okují, písku, grafitu, a ke zdrsnění povrchu. Využívá se k tomu proud zrn s velkou kinetickou energií dodanou stlačeným vzduchem, proudem vody, metacím kolem či kombinací vzduchu, tlaku a vody. Jedná se o velice produktivní způsob odstraňování rzi a okují uplatňující se ve všech sférách strojírenství. [5; 6; 7]

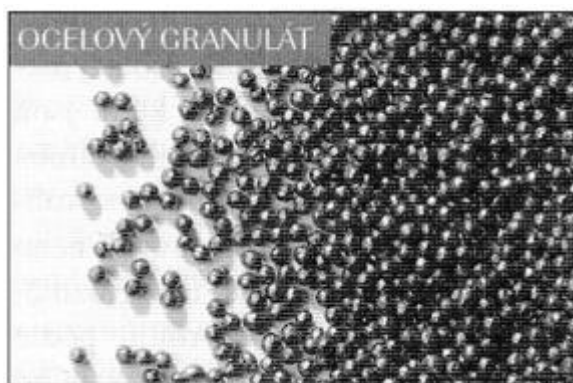


Obr. č. 2: Schéma stabilního pracoviště pneumatického otryskávání [5]

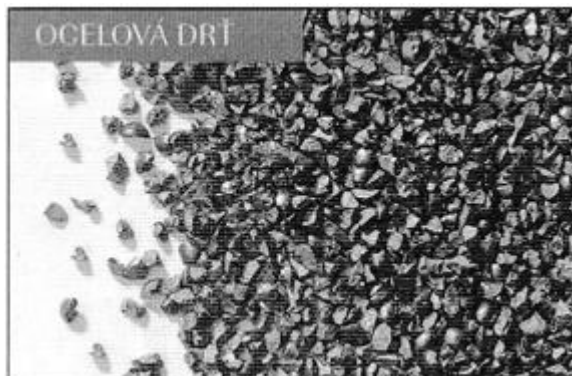
Výsledek záleží na vlastnostech tryskacího prostředku, kterými jsou především rozměry, tvrdost, otěruvzdornost a houževnatost. Ostrá tvrdá zrna odstraňují nečistoty, vysekávají z povrchu částice materiálu, zdrsňují povrch a celkově působí abrazivně. Tupá tvrdá zrna pak povrch také očistí, zanechají v něm důlky ke zpevnění, ale část rzi do něj zatlačí. Působení se kromě jiného odvíjí také od úhlu dopadu. Nejčastěji je používán korund, křemenný písek, ocelový granulát, sekaný ocelový drát, litinové broky a ocelová či litinová drť. Některé uvedené materiály jsou zobrazeny na Obr. č. 3, 4 a 5. [5; 6; 7]



Obr. č. 3: Korund [8]



Obr. č. 4: Ocelový granulát [8]



Obr. č. 5: Ocelová drť [8]

3.1.6 Speciální způsoby mechanického čištění

3.1.6.1 Oklepávání

Na velkých, pevných a masivních součástech, u kterých nenastane deformace, se používá k odstranění silných vrstev rzi a okují. Pneumatické zařízení pohybuje dalšími ocelovými

částmi, jako např. dráty, hroty či kladívky. Lze se také setkat s rotačními kladívkovacími kotouči na hřídelích brusek, které poskytují vyšší rychlost čištění. [2]

3.1.6.2 Opalování plamenem

Princip spočívá v opalování povrchu s vrstvou rzi hořákem s kyslíko-acetylenovým plamenem. Rez s rozdílnou teplotní roztažností oproti základnímu materiálu se uvolňuje, je odfukována plynem a zbylá neodstraněná vrstva rzi se vysušuje a odchází z ní látky podporující korozi. Tato technologie nachází uplatnění u těžkých součástí, kde jiné způsoby mechanického čištění nemají příliš vysokou účinnost. [2]

3.1.6.3 Čištění kapalinou o vysokém tlaku

Tento způsob využívá proud vody o vysoké výstupní rychlosti z vysokotlakého zařízení. Odstraňují se jím hrubé nečistoty a rez pod starými nátěry a výsledky závisí na čistotě a teplotě vody i obsahu přidaných látek pro zvýšení účinnosti (písek, čisticí prostředky). [1; 2]

3.2 Chemické úpravy povrchu

Tyto úpravy mají význam pro další prováděné operace na povrchu součásti a zásadně ovlivňují vlastnosti následujících provedených úprav jako je přilnavost, ochrana povrchu či životnost. Mezi chemické úpravy povrchu patří technologie odmašťování, moření, odrezování a leštění. [2; 5]

3.2.1 Odmašťování

Pojmem odmašťování se souhrnně rozumí odstraňování nečistot z povrchu, které zde drží adsorpcí nebo adhezí. Proces odmaštění má za úkol tyto nečistoty uvolnit, rozpustit je do emulze či roztoku a zabránit jejich zpětnému vyloučení na povrchu. Pojem odmašťování vychází ze skutečnosti, že tímto procesem se odstraňují ulpělé nečistoty s původem v cizích látkách, které mají převážně mastnou povahu. Důkladně odmaštěný povrch je indikován smáčivým povrchem celé součásti vodou. [2; 4]

Dle druhu odmašťovacího prostředku lze dělit odmašťování následujícím způsobem:

- odmašťování v organických rozpouštědlech
 - odmašťování v alkalických roztocích
 - odmašťování vodnými tenzidovými prostředky
 - odmašťování emulzní
 - jiné způsoby odmašťování
- [5; 6]

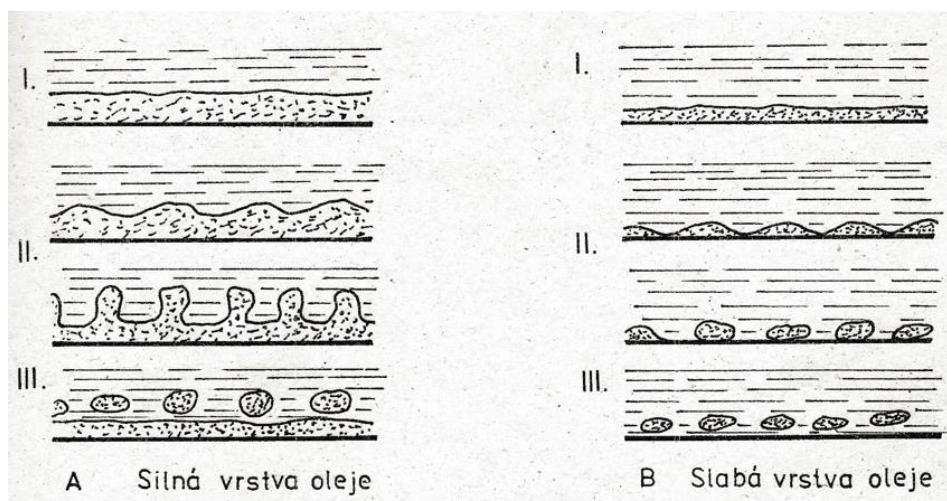
3.2.1.1 Odmašťování v organických rozpouštědlech

Jde o nejjednodušší variantu s jednoduchým technologickým postupem a dobrou účinností. Látky, které zde našly uplatnění, jsou benzín a petrolej. Používají se na barevné kovy, kde není možné použít alkalické prostředky, a na předběžné hrubé čištění, kdy povrch se musí následně ještě dočistit. Jejich nevýhodou totiž představuje zejména nemožnost zcela odstranit otisky prstů a anorganické soli, které i v malých vrstvách odpuzují vodu a zamezují tak přístupu jejich roztoků. Dalším problémem je obtížná likvidace těchto rozpouštědel, v případě benzínu navíc také hořlavost – proto je používán jen u ručního čištění, kde nehrozí příliš velké nebezpečí. [1; 4; 5]

Z dalších látek jich jen málo vyhovuje svými vlastnostmi (hořlavost, jedovatost, dopad na životní prostředí) – částečně to jsou chlorované uhlovodíky trichlorethylen a tetrachlorethylen. Ty sice nejsou příliš jedovaté ani hořlavé, použité se dají dobře regenerovat destilací a mastné zbytky dokážou odstraňovat účinně, ale jejich narkotické účinky, negativní vliv na životní prostředí a sklony k rozkladu na chlorovodík působí problémy při instalaci i manipulaci ve výrobě. Z možností jejich aplikace se nejčastěji využívá působení par, kdy na ochlazeném předmětu odmašťovadlo zkondenzuje, nasycené páry stékají zpět a vypařují se naopak páry mastnoty neobsahující. Takto lze ošetřovat předměty větších rozměrů a hmotností, které si dokážou udržet nízkou teplotu déle než předměty menších rozměrů. [1; 4; 5; 9]

3.2.1.2 Odmašťování v alkalických roztocích

Oproti organickým rozpouštědlům má tento způsob odmašťování výhodu v podobě nižší ceny, vyšší bezpečnosti, jednodušší likvidace a univerzálnější možnosti použití. Alkalické roztoky zmýdelňují rostlinné a živočišné tuky, čímž získávají lepší smáčecí a emulgační vlastnosti a účinnost se díky tomu zvyšuje. Za působení přísad a vyšší teploty pak vytvářejí s odolnějšími minerálními mastnotami emulzi (tvoří kapičky), která je z předmětu dobře odstranitelná. Při zvýšené teplotě aplikace navíc klesá viskozita mastných látek, které tak lépe stékají po povrchu. Po odstavení se mastnoty usazují na hladině, odkud je lze snadno odstranit a následně látky zbavené mastnot znovu použít. Aplikaci lze provádět jak ponorem (s výjimkou složitých součástí s dutinami, záhyby atd., u kterých je následné vyplachování roztoků složité a hrozí problémy při dalších operacích i vady ve finální povrchové vrstvě), tak postřikem (např. u rozměrných součástí). Teplota roztoků při nanášení bývá kolem 80 °C. [1; 5; 9; 10]



Obr. č. 6: Schéma emulgace mastnoty na povrchu kovu odmašťovacím roztokem [10]

I – souvislá vrstva mastnoty na povrchu kovu

II – postupné rozrušování souvislé vrstvy mastnoty odmašťovacím roztokem

III – emulgace a dispergace mastnoty, odmašťovací roztok vytlačuje částice mastnot z povrchu kovu

[10]

V dnešní době používané roztoky jsou tvořeny metasilikáty, metafosfáty, polyfosfáty a boritany, které rozšířily již dříve používané hydroxidy, křemičitany, fosforečnany, kyanidy a sodu. Jako přísady slouží povrchově aktivní látky a tenzidy. [1; 5]

Aby odmašťování mělo požadovaný účinek a nátěr svými vlastnostmi vyhovoval, je vedle samotného chemického čištění neméně důležité provádět mezi jednotlivými operacemi a na závěr důkladný oplach. Ten slouží také k zabránění kontaminace lázní látkami z předchozích operací, což může nastat například u součástí s dutinami otevřenými směrem nahoru. Oplach může být jednostupňový či vícestupňový, studený či teplý a lze jej provádět ponorem i postřikem. [2; 9]

3.2.1.3 Odmašťování vodnými tenzidovými prostředky

Tento způsob je poměrně moderní, probíhá v kratším časovém úseku a při nižších teplotách než alkalické odmašťování a neobjevuje se zde problém s likvidací již použitých látek. Lázeň obsahuje vodné tenzidové přípravky s dalšími přísadami a je slabě alkalická. [5]

3.2.1.4 Emulzní odmašťování

Spočívá v ponořování předmětů do lázně s odmašťovadlem, kterým bývají destilační ropné frakce. Obsažená organická rozpouštědla s emulgátory podporují rozpouštění mastných látek, snižování jejich viskozity a vznik emulze. Dalšími obsaženými látkami jsou např. mýdla (smáčedla nebo alkoholy), alkálie či inhibitory koroze. Po odmaštění se doporučuje oplach v alkalickém roztoku, následovaný oplachem vodou, při kterém se odstraní všechny mastnoty i odmašťující látky. Nevýhodou této metody představuje likvidace odpadních vod. Jinak se však jedná o velmi účinný způsob, který lze kromě ponoru provádět i natíráním či postřikem za normální i zvýšené teploty. [1; 2; 5; 9]

3.2.1.5 Jiné způsoby odmašťování

Do této skupiny se řadí méně rozšířené způsoby jako např. odmašťování suspenzí vídeňského vápna, které lze provádět třeba ručně na hladkých ocelových površích. [6]

Podobně lze rozlišovat odmašťování dle způsobu aplikace odmašťovacího prostředku:

- odmašťování ponorem
- odmašťování postřikem
- odmašťování v páře
- odmašťování elektrolytické
- odmašťování ultrazvukem
- odmašťování mechanické a tepelné [9]

3.2.1.6 Odmašťování ponorem

Pro ponorné odmašťování se používají vany naplněné lázní s konkrétní látkou. Ponor může probíhat jednotlivě nebo hromadně s využitím košů, dále pak ručně či za pomoci kladkostroje. Ocelové vany jsou vybaveny topným zařízením i odsávacím rámem s přepadem pro nečistoty na hladině. [10]

3.2.1.7 Odmašťování postřikem

Postřikem se odmašťují především rozměrnější součásti a plochy, které vlivem své velikosti či hmotnosti není možné vůbec či jen obtížně odmašťovat ponorem. Nevýhodou postřiku oproti ponoru představují větší ztráty prostředku, naopak výhodou je vyšší účinnost díky mechanickému působení. Postřikem lze aplikovat prostředky organické, alkalické i emulzní. [9; 10]

3.2.1.8 Odmašťování v páře

Pomocí páry se odmašťují rozměrné součásti a stroje jako např. motorová vozidla či zemědělské stroje, u kterých velké rozměry znemožňují ponor do nádrží. Páru vyrábějí pohyblivé parní stroje. Pára, která se pro vyšší účinek kombinuje s dalšími prostředky (emulgátory, alkáliemi), je pod tlakem aplikována na ošetřovaný povrch, který účinně čistí, odmašťuje i případně pasivuje. Poté se povrch ještě očistí čistou parou. [6; 9]

3.2.1.9 Odmašťování elektrolytické

Pro vyšší účinky odmašťování v alkalické lázni se zavádí elektrický proud způsobující elektrolýzu, čímž dochází k disociaci látek. Tento způsob se využívá např. před galvanickým pokovováním. Existují tři možná zapojení: katodické, anodické a katodicko – anodické (reversní). [2; 5; 6; 9]

Zapojení předmětu jako katody přináší výhodu v mechanickém působení bublinek vznikajícího vodíku, ale na druhé straně také riziko spojené s vodíkovou křehkostí kvůli difúzi vodíku do materiálu. Na katodě se vylučuje ještě alkalický kov, který se slučuje s vodou a vzniká hydroxid dále podporující odmaštění – u barevných kovů tím vzniká riziko koroze. [2; 5; 6; 9]

Problém s vodíkem odpadá u anodického zapojení, při kterém se rozpouštějí kovy a vylučuje se kyslík s nižším mechanickým účinkem svých bublinek než vodík. Kromě toho také kyslík naleptá povrch předmětu, čímž dojde k lepšímu přilnutí povlaku. [2; 5; 6; 9]

Katodicko – anodické odmašťování kombinuje výhody obou zapojení: v katodickém se odstraňují mastnoty a v anodickém dojde k částečnému naleptání povrchu kyslíkem. [9]

3.2.1.10 Odmašťování ultrazvukem

Ultrazvukové odmašťování se zařazuje při vysokých nárocích na čistotu nebo při čištění složitých součástí. Využívá zařízení ponořené v roztoku generující vysokofrekvenční ultrazvukové vlny, které se přenášejí do kapaliny. Zde se energie přeměňuje na akustickou, kapalina se rozkmitává a na součást působí kavitace. Velké rozdíly tlaků v roztoku způsobují nárazy částic na povrch předmětu a i v hůře přístupných místech a pórech účinně uvolňují nečistoty. Podmínkou je ale správná orientace součásti tak, aby se celým svým povrchem nacházela v ultrazvukovém poli kapaliny. Frekvence vlnění se pohybuje od 20 do 40 kHz. [2; 6; 9]

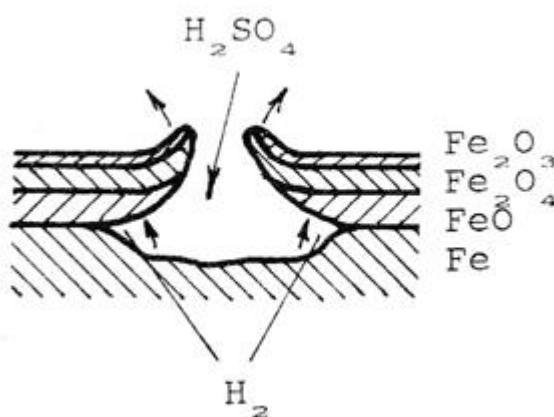
3.2.1.11 Odmašťování mechanické a tepelné

V některých případech se uplatňuje také odmašťování mechanické. Příkladem může být kartáčování s využitím již zmíněné suspenze hašeného vápna. [9]

Do skupiny tepelného odmašťování se řadí odmašťování součástí po tváření opalováním. Vrstvy mastnoty však mohou být jen tenké a navíc musí být jiné povahy než anorganické. Ohřátím součásti dojde k přeměně mastnot v plyny a vodu a zbylý prášek už pak lze bez problému odstranit. Roli při volbě teploty zde hraje odstraňovaná látka, materiál a tloušťka stěny. U příliš tenké stěny hrozí deformace vlivem tepla, naopak u příliš silné je potřeba dodat velké množství energie k ohřátí. Po konci procesu se povrch musí zbavit vrstvy vzniklého karbonu. [6; 9]

3.2.2 Moření

Moření se používá k odstraňování korozních produktů (oxidů) vznikajících při tepelném zpracování či působením atmosféry. Oxidy vzniklé při tepelném zpracování, tzv. okuje, se odstraňují podstatně obtížněji než oxidy vzniklé atmosférickou korozi. Během procesu se v roztoku kyseliny okuje rozpouštějí, kyselina proniká k základnímu kovu a vznikajícím vodíkem se jejich vrstva odlupuje. U vodíku hrozí pronikání do příslušného kovu způsobující vodíkovou křehkost, ale lze tomu zabránit některými přísadami. Parametry procesu moření závisí hlavně na tvaru a velikosti zpracovávané součásti (drát, plát plechu, výlisek), nejdůležitějšími z nich jsou teplota a pohyb mořicí lázně a koncentrace kyseliny. V největší míře se zde uplatňuje kyselina sírová a chlorovodíková, dále pak také kyselina fosforečná, dusičná a fluorovodíková či jejich směsi. [1; 2; 5; 6]



Obr. č. 7: Princip moření v kyselině sírové [5]

V procesu galvanického pokovování se využívá druh moření nazývaný dekapování, kterým se odstraňují tenké vrstvy oxidů a povrch se tzv. aktivuje. [5] Dále ještě existuje sdružené moření a odmašťování, kterým se účinkem kyseliny s obsahem tenzidů provádí moření a odmašťování zároveň. [2]

3.2.3 Odrezování

Touto technologií se za působení kyselin, nejčastěji kyseliny fosforečné, odstraňují z povrchu součásti korozní zplodiny. Princip je tedy stejný jako u moření, odrezování však probíhá při nižší teplotě a v kratší době, neboť rez reaguje rychleji než okuje. Výsledkem je pak rez převedená na fosforečnany. Existují dva typy odrezovačů: oplachové a bezoplachové. Aplikace

probíhá ponorem nebo nátěrem, poté v závislosti na použitém odrezovači následuje oplach nebo vysoušení. [1; 2]

3.2.4 Leštění

Leštění je založeno buď na chemické nebo elektrochemické bázi. Princip spočívá v odleptávání vrcholů nerovností, kde je větší proudová hustota. Tím se povrch postupně vyrovnává až do určité vlnitosti. V případě chemického leštění musí mít lázeň přesné složení, u elektrolytického jsou opracovávány součásti zavěšované na anodu, katodou je olovo. Hlavní složku elektrolytu tvoří kyselina fosforečná, dusičná nebo sírová. Oproti mechanickému leštění je tato metoda čistší, rychlejší a kvalitnější. [2; 6]

4. Nátěrové hmoty

Nátěrové hmoty jsou hmoty tekuté až pastovité konzistence, které jsou nanášeny na povrch, kde vytvářejí tenký souvislý film. Po zaschnutí a vytvrzení získává tento film požadované vlastnosti a nazýváme jej nátěrem. Nátěry lze řadit dle několika parametrů – důležitým je např. počet nanesených vrstev, který dělí nátěry na jednovrstvé a vícevrstvé. [2]

Další významné kritérium představují charakteristické vlastnosti. Podle nich se dělí nátěrové hmoty na transparentní (tj. laky) s dekorativní nebo ochrannou funkcí a pigmentované (tj. neprůhledné – emaily, barvy, tmely). Jako další kritéria lze uvést např. účel použití, pořadí v nátěrovém systému a způsob zasychání. [11]

4.1 Složky nátěrových hmot

Kvůli velkému množství nátěrových hmot existuje řada surovin, které se podílejí na obsahu menší či větší měrou. V dnešní době je kladen důraz zejména na ekologii a nízkou toxicitu látek (např. jsou zakázané pigmenty na bázi olova a chromu) a dále je také snaha o snižování obsahu organických rozpouštědel na co nejnižší úroveň. Suroviny musí podléhat kontrolám dle předepsaných norem, aby při výrobě byla dodržena stálá kvalita. [11; 12]

Nátěrové hmoty jsou tvořeny několika základními složkami, a to filmotvornými látkami, pigmenty, plnidly a těkavými složkami. Téměř vždy jsou však přítomny také aditiva ke zlepšení průběhu zasychání. [2; 11]

4.1.1 Filmotvorné látky

Tuto skupinu představují netěkavé organické látky, které na povrchu zajišťují tvorbu různě silného filmu. Ovlivňují výsledné vlastnosti nátěru jako životnost, odolnost, tvrdost, pružnost, přilnavost a lesk. Dříve používané přírodní pryskyřice (kalafuna, kopály, šelak) a rostlinné oleje (lněný, tungový) se dnes vyskytují minimálně a význam mají spíše v chemicky upravené formě, podobně jako deriváty celulózy a kaučuku. Ze syntetických pryskyřic (epoxidy, alkalidy, polyuretany apod.) se vyrábí pojiva pro většinu moderních syntetických nátěrových hmot.

[2; 11]

Ke zlepšení pružnosti a snížení přílišné tvrdosti a křehkosti nátěrů (na bázi celulózy, derivátů kaučuku a dalších) slouží přidávaná změkčovadla. Samotná film netvoří a filmotvorné látky buď rozpouštějí, nebo se s nimi snášejí. Jde o látky netěkavé, např. dibutylftalát či chlorovaný parafin. [2]

4.1.2 Pigmenty

Jedná se o prášky nerozpustné v ostatních složkách nátěrových hmot, které určují zbarvení, lesk a kryvost nátěru. Mohou mít organický i anorganický původ, nejčastěji jsou to oxidy kovů a solí. Důležité je, aby vzhledem ke svému určení vykazovaly dobrou světlostálost, tj. aby nedocházelo vlivem působení ultrafialového záření k blednutí či tmavnutí barevného odstínu. Také odolnost proti povětrnostním vlivům hraje významnou roli, protože při znehodnocení pigmentu dojde k poškození celého nátěru. V tomto ohledu jsou anorganické pigmenty odolnější než pigmenty organické. Dále mají vliv i na tvrdost, odolnost proti korozi a otěru, elektrickou vodivost, hořlavost apod. [2; 11; 12]

Inhibiční (antikorozi) pigmenty průběh koroze zpomalují a dříve byly jejich zástupci suřík, oxidy olova a zinková žluť. Kvůli toxicitě však byly nahrazeny pigmenty na bázi fosforečnanu zinečnatého i přes jeho nižší antikorozi účinnost. [2; 11]

4.1.3 Plnidla

Pevné částice plnidel zesilují strukturu povlaku a při kombinaci pouze s pigmenty lze dosáhnout i velké tloušťky povlaku. Ve filmu vyplňují prostor, což někdy vede k jejich nadměrnému užívání z ekonomických důvodů, ale při optimálním návrhu mohou výslednou kvalitu nátěru naopak zlepšit. V mnohých případech se lze setkat s kombinací méně chemicky

stálých pigmentů a naopak velmi stabilních plnidel, jakými jsou např. těživec a křemičitany. [11; 12]

4.1.4 Těkavé složky

Těkavé složky jsou v nátěrových hmotách obsaženy hlavně kvůli zlepšení aplikačních vlastností. Jedná se o rozpouštědla, tzn. organické sloučeniny schopné rozpouštět tuky, vosky, oleje a pryskyřice. Po nanesení se odpařují rychlostí, kterou se reguluje doba vytvrzení. Snižují viskozitu nátěrových hmot a můžou také rozpouštět staré nátěry. Jelikož zbytky těchto složek jsou v naneseném filmu kvůli snížení odolnosti nežádoucí, musí se odpařit v celém svém objemu. Rozpouštědla se dělí na pravá (dokonale rozpouštějící pojiva) a nepravá (pojiva rozpouštějící jen za přítomnosti pravých rozpouštědel) a jejich směsi nazýváme ředidla. Jako příklad nejběžnějších rozpouštědel lze uvést toluen, xylen, aceton či terpentýnové silice. [2; 11; 12]

4.1.5 Aditiva

Aditiva (přísky) jsou přidávány do nátěrových hmot ke splnění náročných požadavků. Přestože jejich množství v nátěrových hmotách zpravidla nepřesahuje jedno procento celkového objemu, poměrně zásadním způsobem ovlivňují celou řadu parametrů. Sušidla urychlují proces schnutí, smáčedla rozptylují pigmenty při výrobě a odpěňovače zamezují vzniku pěny při míchání i nanášení. Dále aditiva podporují správný rozliv nátěru, brání želatinaci, tvorbě škráloupů a usazování pigmentů při skladování a poskytují ochranu před ultrafialovým slunečním zářením a povětrnostními vlivy. Díky obsaženým konzervačním a fungicidním složkám také zlepšují ochranu před mikroorganismy. [11; 12]

Pro dosažení výše uvedených účinků aditiv je však nutné striktní dodržování jejich dávkování. [11]

4.2 Nanášení nátěrových hmot

Jedním z faktorů ovlivňujících kvalitu a vlastnosti nátěru je volba způsobu nanášení nátěrové hmoty. V dnešní době existuje několik možností, přičemž každá má určité výhody i nevýhody a hodí se jen pro určitý typ součásti. Nelze tedy jednoznačně určit jeden univerzální způsob, kterým by bylo možné pokrýt všechny aplikace. Pro každou součást je nutné posoudit několik

hledisek a následně vybrat nejvhodnější způsob. Tato hlediska se týkají opracovávané součásti (tvar, velikost, počet kusů, kvalita a příprava povrchu), samotného nátěru (vzhled, tloušťka, provozní prostředí, vlastnosti) i pracnosti dané technologie. [13; 14]

4.2.1 Nanášení štětcem

Nanášení štětcem je sice nejstarší, nejpomalejší, ale stále velmi hojně využívaný způsob. Výhoda spočívá v jednoduchosti a širokém rozsahu použitelnosti – lze jím natírat libovolně velké a tvarově složité předměty. Hodí se také pro aplikace, které vylučují přítomnost přestřiku (tj. nástřiku mimo cílenou plochu). Díky mechanickému působení štětce je nátěrová hmota vtlačována i do pórů materiálu, a tudíž je zaručena dobrá přilnavost. Kvůli nízké produktivitě a kvalitě závislé na pečlivosti natěrače se však uplatňuje jen v kusové výrobě. [12; 13]

4.2.2 Nanášení válečkem

Princip nanášení válečkem se podobá nanášení štětcem. Je zachována výhoda v podobě snadné manipulace a mechanického účinku, ale oproti aplikaci štětcem je produktivita přibližně dvojnásobná. Stejně tak ztráty nátěrového materiálu jsou minimální. Váleček však stále nahrazuje technologii stříkání pouze tam, kde stříkání není možné nebo maskování nelakovaných dílů by bylo příliš pracné. Natírání válečkem se provádí na velkých hladkých plochách jako jsou nádrže, vodní díla, potrubí velkých průměrů či lodě. [12; 13]

4.2.3 Nanášení rukavicí

Technologie nanášení rukavicí nachází uplatnění tam, kde není možné použít k nanesení štětec, tj. u složitých konstrukcí, dlouhých profilů, potrubí apod. Po nasazení na ruku se rukavice ponoří do nátěrové hmoty, čímž dojde k nasáknutí kožešiny na straně dlaně. Roztíráním se nátěrová hmota přenáší na aplikovaný povrch. I tato technologie vyniká jednoduchostí a minimálními ztrátami nátěrových hmot. Z estetických důvodů se používá spíše na plochy funkční. [13]

4.2.4 Nanášení pneumatickým stříkáním

Jedná se o nejrozšířenější a nejrychlejší způsob nanášení nátěrových hmot. Princip spočívá v tom, že částice nátěru jsou pomocí stlačeného vzduchu jemně rozprašovány z trysky pistole

na předmět, kde se díky povrchovému napětí vzájemně spojují. Metoda kombinuje vysoký výkon, možnost automatizace, krátkou dobu nanášení a nízké fyzické nároky i náklady. Výhodu představuje také univerzálnost, protože stříkat lze díly různých velikostí a tvarů, a to většinou druhů nátěrových hmot. Vzniklá vrstva má stálou tloušťku a nízkou pórovitost, je hladká a slitá. [2; 11; 12]



Obr. č. 8: Stříkací pistole RS 10 [13]

Při nesprávném nastavení technologických parametrů (šířka rozprašování trysky, teplota, tlak, čistota a vlhkost okolí, složení, příprava povrchu, vzdálenost a úhel nástřiku atd.) však může jednoduše dojít k vadám nátěru - např. nedostatečné vrstvě, stékání, usazenému prachu či hrbolatosti. Dalšími nevýhodami jsou značné ztráty, nízká účinnost přenosu a tvorba mlhoviny způsobující prašnost, a tudíž vyžadující speciální odsávané prostory pro nanášení. S menšími velikostmi součástí, rostoucí složitostí a počtem dutin klesá ekonomická výhoda pneumatického stříkání a naopak roste počet možných rizik v podobě přestřiku a nedokonalého pokrytí. [11; 12; 14; 15]

4.2.5 Nanášení vysokotlakým stříkáním

Nátěrová hmota je pod tlakem přibližně 10 až 15 MPa přiváděna do štěrbin trysky, odkud je tlakově rozprašována ven při nízké úrovni odrazu od povrchu. Není zde tedy potřeba stlačeného vzduchu, proces probíhá mechanicky. Takto lze aplikovat i nátěrové hmoty o vysoké viskozitě s nízkým obsahem ředidel. Díky tomu se zlepšuje hygiena práce a naopak klesá nutnost větrání prostor. U stříkání velkých jednoduchých ploch se produktivita pohybuje ještě výše než u pneumatického stříkání, ale technologie nevyklučuje ani nástřik složitějších

tvary s dutinami, štěrbinami atd. Lze také provádět silnější vrstvy nátěru. Vysokotlaké stříkání se uplatňuje u mostních konstrukcí, lodí, železničních vozidel, stavebních a zemědělských strojů apod. [12; 13; 16]

4.2.6 Nanášení v ohřátém stavu stříkáním

Jde v podstatě o variantu pneumatického či vysokotlakého stříkání, kdy požadované konzistence nátěrových hmot je místo přidavku ředidel dosaženo zvýšenou teplotou. Metoda přináší výhody v podobě nízké spotřeby ředidel, možnosti tlustší nanášené vrstvy a nelepivého povrchu. Nehodí se ale pro provoz s častým střídáním barev, klade vyšší nároky na zařízení i obsluhu a vyžaduje odvětrávání. [1; 2]

4.2.7 Nanášení v elektrickém poli

Tato technologie vychází z působení elektrostatických sil, kdy opačně nabité částice se přitahují. Částice nátěrové hmoty se na výstupu z pistole ionizují (získávají záporný náboj) díky zabudované elektrodě připojené ke zdroji napájení. Po siločárách elektrostatického pole putují na povrch stříkané, kladně nabitě součásti. Tam svůj náboj odevzdají a adhezivními silami zůstanou přichycené. Výhodou je lepší hygiena práce a mnohem nižší ztráty nátěrových hmot na úrovni kolem 15 %. Kladou se však vyšší nároky na vlastnosti nátěrových hmot, zejména na kvalitu a elektrické vlastnosti. Použití nachází jak v odvětvích strojího průmyslu, tak při zpracování výrobků ze dřeva. [1; 2; 17]



Obr. č. 9: Vzduchová pistole pro nástřik v elektrostatickém poli [15]

Existuje několik způsobů, jak provést aplikaci nátěrových hmot s využitím elektrostatických sil. Patří mezi ně rozprašování pneumatickým stříkáním, rozprašování odstředivými rozprašovači, štěrbinové rozprašování, rozprašování kotoučem a rozprašování kombinovaným zařízením. Každá z uvedených metod má specifické vlastnosti a hodí se pro různé součásti. [13]

4.2.8 Elektrochemické nanášení

Elektrochemické nanášení, někdy též nesprávně elektroforéza, platí za velmi výkonný a šetrný způsob nanášení nátěrových hmot. V dnešní době je takto ošetřena naprostá většina automobilových karoserií i celá řada dalších součástí. Kvůli vysokým investičním nákladům je to metoda vhodná pro velkosériovou automatizovanou výrobu. Mezi nesporné výhody patří šetrnost k životnímu prostředí (nevznikají nebezpečné odpadní látky), vysoká produktivita a účinnost, vynikající rovnoměrné pokrytí a nízké provozní náklady. [2; 18]

Součást je ponořena do lázně s vodou ředitelnou nátěrovou hmotou. Usazování částic na povrchu předmětu je důsledkem působení stejnosměrného proudu. V místech již pokrytých vzniká vyšší elektrický odpor, takže elektrické pole usměrňuje částice do míst ještě nepokrytých. Výsledkem je rovnoměrná vrstva i v hůře přístupných částech. Po nanesení následuje oplach a vypalování. [2; 18]

4.2.9 Nanášení máčením

Máčení je dalším v průmyslu velmi rozšířeným způsobem nanášení. Probíhá tak, že součást se ponoří do vany s nátěrovou hmotou, poté se vyjme, nechá se okapat a vysušit. Technologie máčení vyniká jednoduchostí, takže ji lze snadno automatizovat a neklade vysoké nároky na obsluhu. Využití nátěrových hmot je velmi vysoké, neboť ztráty mohou vznikat pouze odtokem vyořených součástí – i tento podíl lze však obnovit. Výhodou je také dobré pokrytí a opakovatelnost. [13; 19]

Problém může nastat s nerovnoměrností vrstvy (tzv. klínovitostí, kdy na svislých plochách vzniká silnější povlak dole než nahoře) a tvorbou kapek na hranách. Tyto jevy můžou být minimalizovány úpravou viskozity. Použitím rozpouštědlových nátěrových hmot vyvstává riziko v podobě vzniku požáru. [19]

Pro kvalitně provedený nátěr je nutné dodržovat několik zásad: součásti nesmí mít dutiny (příp. v dutinách se musí nacházet otvory) a nevhodnou orientaci, lázně musí být

kvůli sedimentaci a tvorbě škráloupů pravidelně míchány a filtrovány a je potřeba udržovat stále stejné složení (z hladiny se vypařují rozpouštědla). [13]

4.2.10 Nanášení poléváním

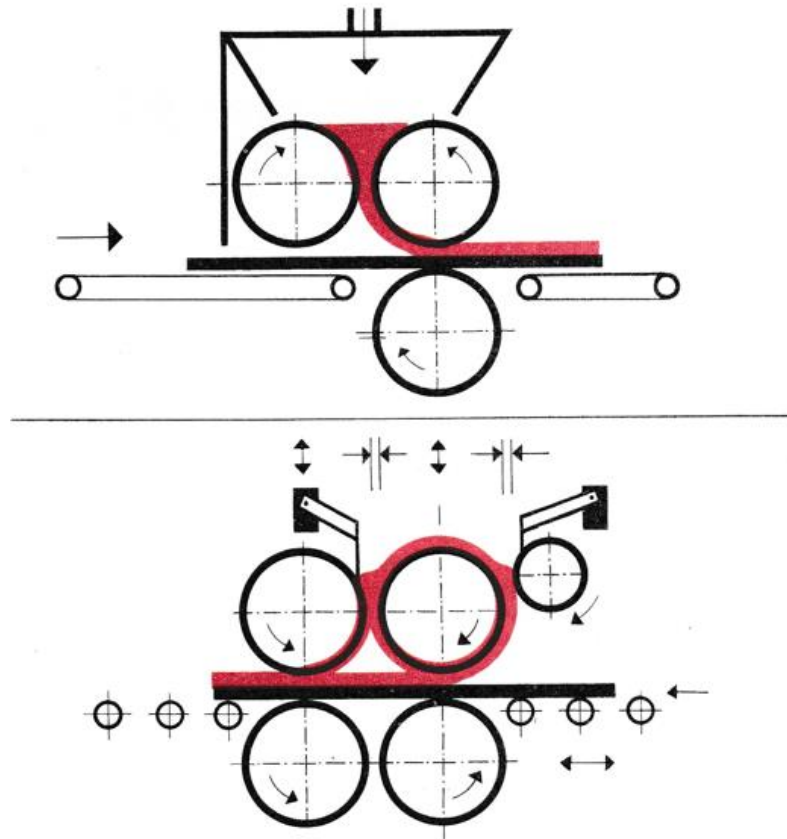
Polévání je obdobou technologie máčení, ale odpadá zde nutnost rozměrných van a klesá spotřeba nátěrových hmot. Aplikace probíhá pouze na jednu stranu předmětu, jinak platí stále stejná zásada, tj. absence dutin a prohlubní kvůli vytékání. Přebytková hmota je sbírána, přefiltrována a znovu použita. Nedokonalostí metody může být klínovitost nátěru a přítomnost kapek na hranách. Nanášení poléváním lze provádět ručně, tryskami či clonou. [13]

4.2.11 Nanášení v bubnu

Nanášení nátěrových hmot v bubnu je vhodné především u rozměrově malých, zaoblených předmětů v hromadné výrobě. Po vložení součástí do bubnu rotujícího pod úhlem přibližně 45° se přivede předepsané množství nátěrové hmoty. V okamžiku, kdy výrobky jsou již jen slabě lepivé, končí nanášení a na řadu přichází sušení a vypalování. Metoda přináší výhody v podobě rovnoměrné vrstvy, vysoké produktivity a nízké pracnosti. [13]

4.2.12 Nanášení navalováním

Používá se pro nanášení na velké a hladké plochy jako např. plechové obaly, kovové pásy, kartonové obaly, dřevěné a dřevotřískové desky či papír. Ze zásobníku se přivádí hmota mezi válce, jejichž odvalováním přilne k posouvané nanášené ploše. Válce pro barvy jsou pryžové, pro tmely pak kovové. Předností navalování je velký výkon, nízké ztráty, rovnoměrná tloušťka a možnost dokonalé automatizace. [13]



Obr. č. 10: Schéma navalovacího stroje [1]

5. Hodnocení čistoty a drsnosti povrchu

Jak již bylo zmíněno, čistota a drsnost povrchu mají zásadní vliv na kvalitu a vlastnosti nátěru. Tato kapitola je věnována detekci drsnosti a nežádoucích látek, zejména mastnoty. Protože existuje celá řada způsobů detekce, je zde popsáno jen několik metod, z nichž některé souvisejí s experimentální částí této bakalářské práce.

Metody pro stanovení stupně čistoty povrchu lze dělit na přímé a nepřímé. Přímou metodou lze rovnou na povrchu stanovit zamaštění (tj. přítomnost hydrofobních látek), zatímco u nepřímé se provádí rozbor látek vtažených použitým rozpouštědlem. Z důvodu jednoduchosti a časové nenáročnosti přímé metody vyplývá, že je výhodnější a častěji využívaná než metoda nepřímá. [9; 20]

5.1 Detekce zamaštění pomocí fixů a inkoustů

Fixy a inkousty fungují na principu povrchového napětí. Čím vyšší je povrchové napětí, tím lepší je přilnavost látek k povrchu. Mastnoty snižují povrchové napětí kovů, takže je lze tímto způsobem detekovat. Výhodou je snadná použitelnost, rychlost vyhodnocení i přesnost. Jako pomyslná hranice v rámci přilnavosti se uvádí hodnota $38 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$. První je tedy použita fixa právě s touto střední hodnotou. Proveďte se nanesení linky a pokud se do dvou sekund nevytvoří kapičky, povrchové napětí je stejné nebo vyšší. Dále se pokračuje s fixy o vyšších hodnotách povrchového napětí, dokud nedojde ke slití inkoustu do malých kapiček. V opačném případě, tj. když povrchové napětí je nižší než $38 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$, se zkouší fixy o menších hodnotách až do doby, kdy inkoust vytvoří souvisle rozlitou vrstvu. [21]



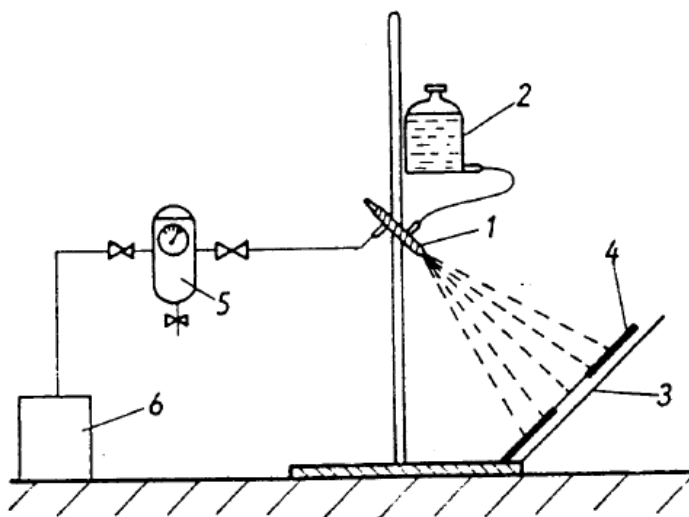
Obr. č. 11: Inkousty od společnosti Arcotest pro měření povrchového napětí [foto autor]

5.2 Metoda porušení souvislého vodního filmu

Předmět se nejprve očistí slabým roztokem kyseliny sírové, poté se ponoří do destilované vody, vytáhne a nakonec se umístí pod úhlem 45° . Povrch lze prohlásit za nezamaštěný, pokud se do 60 sekund neporuší vodní film. Tento postup vychází z normy ČSN 03 8215, která už však v současnosti není platná. [9]

5.3 Metoda postřiková

Značně se podobá metodě porušení souvislého vodního filmu, ale používá se u méně zamaštěných vzorků. Rozdíl lze najít ve složení roztoku, který netvoří samotná destilovaná voda, ale je v něm obsažena i látka snižující povrchové napětí. Aplikace roztoku se pak místo ponoru provádí rozprášením. [9]



Obr. č. 12: Zařízení pro měření stupně zamaštění postřikovou metodou [9]

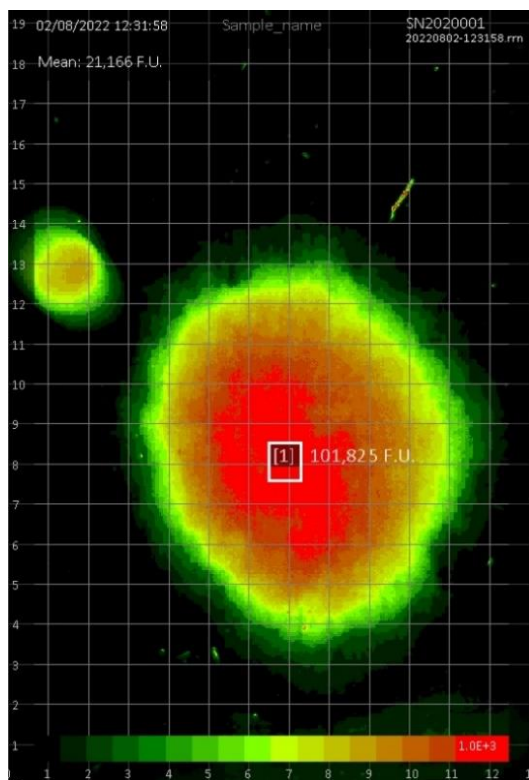
/1 – rozprašovač, 2 – zásobní nádržka zkušeb. roztoku, 3 – držák, 4 – šablona, 5 – regulátor tlaku, 6 – zdroj stlač. vzduchu/ [9]

5.4 Metoda hmotnostní (vážková)

Jednoduchá metoda, jejíž podstata spočívá ve změření hmotnosti před a po odmaštění a následném vyhodnocení rozdílu. [9]

5.5 Metoda luminiscence

Metoda je založená na luminiscenci, což je schopnost vyzařování po osvětlení zdrojem UV záření. Právě tato vlastnost je charakteristická pro uhlovodíky s konjugovanou dvojnou vazbou, které tvoří základ mastných látek (olejů, tuků apod.). [22]



Obr. č. 13: Snímek zamaštění povrchu kapkou oleje [foto autor]

Zařízení Recognoil vyvinuté společností TechTest, s.r.o. funguje na výše popsaném principu. Díky různé intenzitě vyzařování materiálu lze s pomocí citlivého senzoru světla určit stupeň zamaštění. Získané údaje se vyhodnocují a převádějí do obrazové formy. Na ploché povrchy se používá sekvenční (statická) metoda, kdy se přístroj přiloží k povrchu, proběhne snímání a vytvoří se obraz rozložení mastnoty. Při znalosti druhu znečišťující látky je tak možné změřit tloušťku vrstvy. Komplikovanější povrchy se měří kontinuální metodou, kdy přístroj snímá obraz několikrát za sekundu, porovnává jej s obrazem bez ozáření a vytváří video, které je možné v reálném čase sledovat na připojeném displeji.

Kromě odmašťování nachází výrobek uplatnění i v dalších odvětvích průmyslu, např. při detekci vad, při konzervaci nebo také ve zdravotnictví. Měření pomocí zařízení Recognoil je přesné, rychlé, nedestruktivní a žádným způsobem neovlivňuje vlastnosti zkoumané součásti.

[20; 22; 23; 24]



Obr. č. 14: Příklad přístroje Recognoil 2W od společnosti TechTest, s.r.o. [foto autor]

5.6 Měření drsnosti komparátorem

Tento způsob spočívá v porovnávání povrchu s komparátory o známém průměrném profilu drsnosti. Komparátor umožňuje posoudit to, jak v porovnání s ním působí zkoumaný povrch vizuálně a na dotyk a určit tak jeho drsnost. [25]

Norma ČSN EN ISO 8503-1 udává požadavky na ISO komparátory, které slouží k vyhodnocení drsnosti otryskaného povrchu. ISO komparátor je rovná kovová deska se čtyřmi segmenty, které představují referenční drsnosti. Komparátory se liší v závislosti na tom, jestli byl zkoumaný povrch otryskán ostrohrannými nebo brokovými prostředky. [25]

Postup měření uvádí norma ČSN EN ISO 8503-2. Vedle očištěného povrchu se přiloží komparátor a provádí se vizuální porovnání se všemi referenčními hodnotami drsnosti. Pokud toto nestačí, lze použít lupu či přejít hřbetem nehtu střídavě po povrchu součásti a komparátoru. Zaznamená se hodnota, která je nejbližší a určí se stupeň drsnosti povrchu jako „jemný“, „střední“ nebo „hrubý“. [26]



Obr. č. 15: ISO komparátor - etalon drsnosti [27]

5.7 Měření drsnosti drsnoměrem

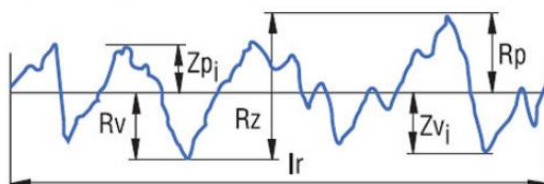
Drsnoměr je přístroj, jehož nejdůležitější část představuje měřící hrot, který se posouvá v určité délce po měřeném povrchu. Přístroj pak snímá jeho příčné pohyby, přičemž lze nastavit rozteč systematických nerovností, které mají být odfiltrovány, i způsob vyhodnocení průběhu pohybu hrotu. U mechanického snímání je použita kulová snímací sonda, jejíž poloměr musí být dostatečně malý, aby se dotýkala povrchu nejlépe pouze vrcholem své plochy. Pokud se sonda nedostane tímto bodem do všech prohlubní povrchu, je tím způsobena odchylka měření. [28]



Obr. č. 16: Drsnoměr Mitutoyo SJ-210 [foto autor]

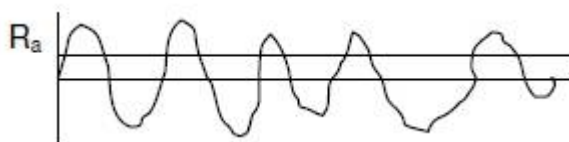
Z parametrů, které drsnoměr vyhodnocuje, jsou v experimentální části použity parametry R_z , R_a a R_q . Jejich význam je následující:

R_z – největší výška profilu drsnosti (základní délky l_r)



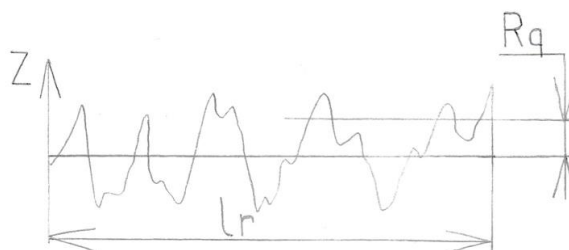
Obr. č. 17: Největší výška profilu drsnosti [29]

R_a – průměrná aritmetická odchylka profilu drsnosti (základní délky l_r)



Obr. č. 18: Průměrná aritmetická odchylka profilu drsnosti [28]

R_q – průměrná kvadratická odchylka profilu drsnosti (základní délky l_r)



Obr. č. 19: Průměrná kvadratická odchylka profilu drsnosti

6. Hodnocení vlastností nátěru

Po aplikaci a dostatečném vytvrzení nanesené nátěrové hmoty lze zkoumat řadu jejích vlastností. Kromě čistě pohledových se jedná o funkční vlastnosti jako přilnavost, odolnost, životnost a krycí schopnost. Protože v experimentální části bude nanášena základová barva

šedé barvy určená k následnému přelakování, budou hodnoceny zejména již zmíněné funkční vlastnosti.

6.1 Odtrhová zkouška

Ke zjištění soudržnosti vrstev nátěru i soudržnosti nátěru s podkladem se využívá odtrhová zkouška. [30]

Řídí se normou ČSN EN ISO 4624:2016 a ČSN EN ISO 16276-1. Na zaschlou vrstvu nátěrové hmoty se lepidlem přilepí kovová zkušební tělíska (pro málo tuhé podklady se lepí tělíska na obě strany předmětu, pro tuhé pak na jednu nebo obě strany). Dále se testovací tělíska oříznou řezákem, aby vyhodnocovaná plocha byla stále stejně velká. Po nasazení hlavy přístroje na tělíska se provede zkouška tahem kolmo k povrchu, přičemž se zjišťuje síla potřebná k roztržení nátěru nebo odtržení od podkladu. Charakter porušení může být adhezní (porušení nejslabšího rozhraní, tj. odtržení povlaku od podkladu) nebo kohezní (porušení nejslabší složky, tj. roztržení povlaku), případně jejich kombinace. [31; 32]

Kromě hydraulického zařízení může být použito zařízení pneumatické, mechanické nebo ruční, ovšem jejich výsledky se nesmějí příliš odlišovat. Lepidlo na přilepení zkušebních tělísek může ovlivňovat vlastnosti nátěru jen minimálně a musí mít lepší soudržnost a přilnavost než nátěr. [31; 32]



Obr. č. 20: Hydraulický odtrhoměr Elcometer 510 [foto autor]

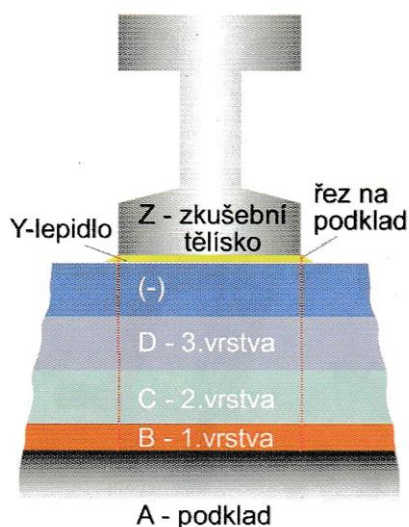
Výstupem měření je odtrhové napětí v MPa. Sílu potřebnou k odtržení tělíska lze získat ze vztahu:

$$F = \sigma \cdot A \quad [N], \quad (6.1)$$

kde σ je odtrhové napětí v MPa a A je plocha odtrhového tělíska v mm^2 . [31]

Tato síla je součástí vyhodnocení zkoušky společně s charakterem lomu. Protože na jednom vzorku se může vyskytovat více druhů lomu, je obvykle vyjádřen v procentech. Jednotlivé druhy se značí následovně:

- A = kohezní lom v podkladu;
- A/B = adhezní lom mezi podkladem a nátěrem;
- B = kohezní lom nátěru;
- B/C = adhezní lom mezi první a druhou vrstvou nátěru;
- = kohezní lom poslední vrstvy nátěru;
- /Y = adhezní lom mezi posledním nátěrem a lepidlem;
- Y = kohezní lom v lepidle;
- Y/Z = adhezní lom mezi lepidlem a zkušební tělískem. [32]









Obr. č. 21: Příklad jednotlivých vrstev [32]

6.2 Mřížková zkouška

Zkouška je definována normami ČSN EN ISO 2409:2021, ČSN EN ISO 16276-2:2007 a ASTM D-3359. Udává odolnost nátěru proti oddělení od podkladu, což úzce souvisí s přilnavostí. [32; 33]

Pomocí nože s jedním nebo více ostřími se provede nejprve šest rovnoběžných řezů a poté dalších šest řezů ve směru kolmém, čímž vznikne mřížka. Řezné hrany musí zajistit, aby se prořízla vrstva nátěru a v podkladovém materiálu byl zanechán vryp co nejmenší hloubky. Poté se odstraní zbylé volné částice nátěrové hmoty přilepením a strhnutím lepicí pásky, ofouknutím nebo otřením měkkým štětcem. Hodnotí se vzniklé poškození vizuálním porovnáním se vzorky uvedenými v normě, a to buď slovním hodnocením „vyhověl“/„nevyhověl“, nebo jedním ze šesti klasifikačních stupňů, které uvádí Obr. č. 22. [32; 33; 34]

Povrch	Popis	ISO	ASTM
	Řezy jsou zcela hladké, žádný čtverec není poškozen.	0	5B
	Nepatrné poškození v místech, kde se řezy kříží. Poškozená plocha nesmí přesahovat 5%	1	4B
	Nátěr je nepatrně poškozen podél řezů a při jejich křížení. Povrch mřížky smí být poškozen o více než 5% a méně než 15% celkové plochy.	2	3B
	Nátěr je částečně poškozen v rozích řezů, podél řezných hran částečně nebo celý, na různých místech mřížky. Poškození mřížky je větší než 15%, ale menší než 35%.	3	2B
	Na nátěru jsou velké změny v rozích řezů a některé čtverečky jsou částečně nebo zcela poškozeny. Plocha mřížky je poškozena více jak 35%, ale méně než 65%.	4	1B
	Změny, které jsou větší než stupně 4 (1B).	5	0B

Obr. č. 22: Hodnotící tabulka mřížkové zkoušky [32]

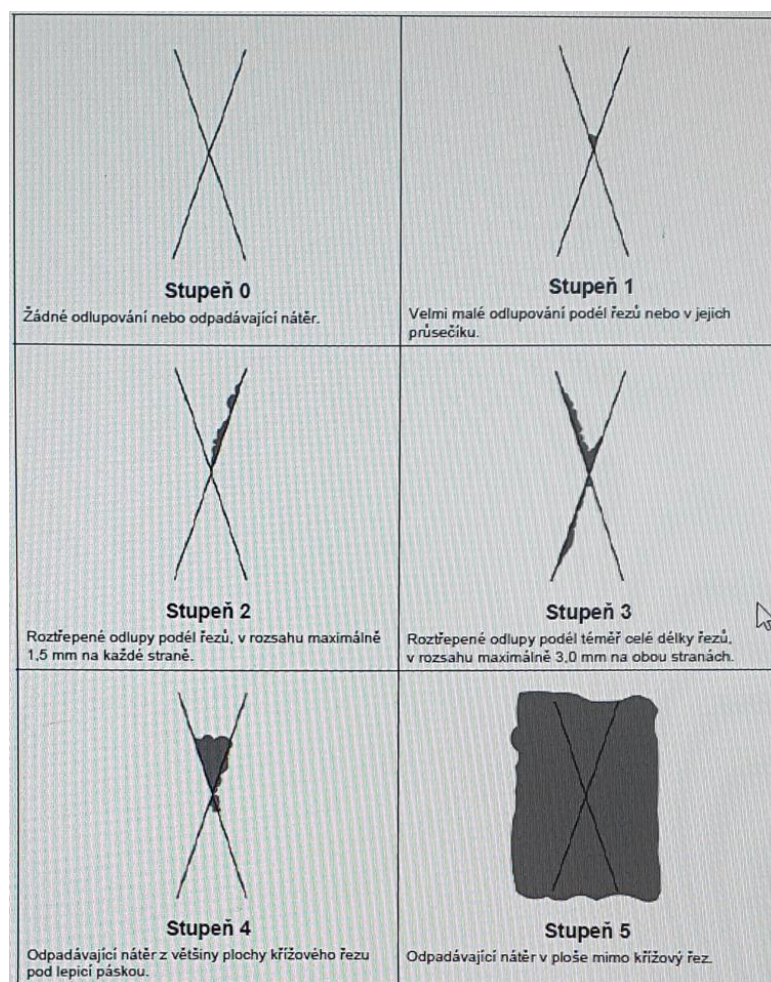
Vzdálenost mezi jednotlivými řezy závisí jak na tloušťce nátěru (maximální vhodná tloušťka je 250 μm), tak typu podkladového materiálu, který může být tvrdé (kov, plast) i měkké povahy (dřevo, omítka). Pro tvrdé podklady se do tloušťky 60 μm se užívá rozestup řezů 1 mm (pro měkké 2 mm), od 61 μm do 120 μm platí rozestup 2 mm a od 121 μm se berou rozestupy 3 mm. Obvykle se provádí jedno stanovení, při důrazu na vyšší přesnost se provádí alespoň tři stanovení na různých místech vzorku. [32; 33]

6.3 Zkouška křížovým řezem

Zkouška křížovým řezem je popsána normou ASTM D3359-02 a ČSN EN ISO 16276-2:2007, jež specifikuje vyhodnocení. [35]

Postup spočívá ve vytvoření dvou rovnoměrných, 40 mm dlouhých řezů ostrým nástrojem ve tvaru „X“. Úhel, který řezy svírají, musí být v rozmezí 30° až 45°. Na místa řezů se tlakem přitiskne lepicí páska, jenž se během 5 minut pod předepsaným úhlem strhne. Hodnotí se poškození (odlupování) povlaku nátěrové hmoty dle stupnice 0 až 5 porovnáním s tabulkou v normě, viz Obr. č. 23. [35]

Pro zkoušku křížovým řezem není předepsána minimální ani maximální tloušťka nátěru. [35]



Obr. č. 23: Hodnocení výsledků křížového řezu [35]

7. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Experimentální část této bakalářské práce se týká měření drsnosti a zamaštění ocelových vzorků a dále také zkoumání vlastností po nanesení nátěrové hmoty. Zamaštění se měří několikrát mezi jednotlivými prováděnými operacemi, aby bylo možné monitorovat jeho vývoj v průběhu experimentu. Kromě drsnosti se stanoví také povrchové napětí úzce související právě s mastnotou. Po nástřiku nátěrové hmoty a jejich zkouškách se dosažené výsledky porovnají s hodnotami zamaštění vzorků před nanesením a provede se vyhodnocení, jak přilnavost nátěrové hmoty závisí na zamaštění povrchu.

7.1 Vzorky

V experimentální části byly jako vzorky použity ocelové desky o rozměrech přibližně 150 mm x 100 mm x 3 mm (viz Obr. č. 24), které sloužily jako podkladový materiál a byly na nich prováděny veškeré operace v průběhu experimentu. Ze zásoby bylo náhodně vybráno 24 vzorků vyrobených technologií válcování a stříhání, takže na jejich povrchu se již v různé míře vyskytovala mastnota. Po čtyřech kusech bylo zamaštěno celkem dvacet vzorků benzínem s různou koncentrací oleje, další čtyři vzorky byly pouze odmaštěny bez následného zamaštění. Zamaštění a prováděné operace na každém vzorku s uvedeným číslem uvádí Tab. č. 1.



Obr. č. 24: Použitý vzorek [foto autor]

Tab. č. 1: Zamaštění a prováděné operace na jednotlivých vzorcích

Číslo vzorku	Koncentrace oleje v benzínu (objemová)	Prováděná operace
1	0,5%	měření inkousty
2	0,5%	mřížková + odtrhová zkouška
3	1%	měření inkousty
4	1%	mřížková + odtrhová zkouška
5	3%	měření inkousty
6	3%	mřížková + odtrhová zkouška
7	5%	měření inkousty
8	5%	mřížková + odtrhová zkouška
9	10%	měření inkousty
10	10%	mřížková + odtrhová zkouška
11	0,5%	mřížková + odtrhová zkouška
12	0,5%	mřížková + odtrhová zkouška
13	1%	mřížková + odtrhová zkouška
14	1%	mřížková + odtrhová zkouška
15	3%	mřížková + odtrhová zkouška
16	3%	mřížková + odtrhová zkouška
17	5%	mřížková + odtrhová zkouška
18	5%	mřížková + odtrhová zkouška
19	10%	mřížková + odtrhová zkouška
20	10%	mřížková + odtrhová zkouška
21	nezamaštěno	mřížková + odtrhová zkouška
22	nezamaštěno	mřížková + odtrhová zkouška
23	nezamaštěno	mřížková + odtrhová zkouška
24	nezamaštěno	měření inkousty

Materiálem, ze kterého byly desky vyrobeny, je nelegovaná konstrukční ocel S235JR. Chemické složení hotového výrobku v procentech hmotnosti pro tloušťku plechu ≤ 16 mm uvádí Tab. č. 2 (zbytek složení je tvořen železem, což je nejdůležitější prvek obsažený v největším množství). [36]

Tab. č. 2: : Chemické složení v % hmotnosti hotového výrobku [36]

C max.	Mn max.	Si max.	P max.	S max.	N max.
0,19	1,50	-	0,045	0,045	0,014

7.2 Návrh experimentu

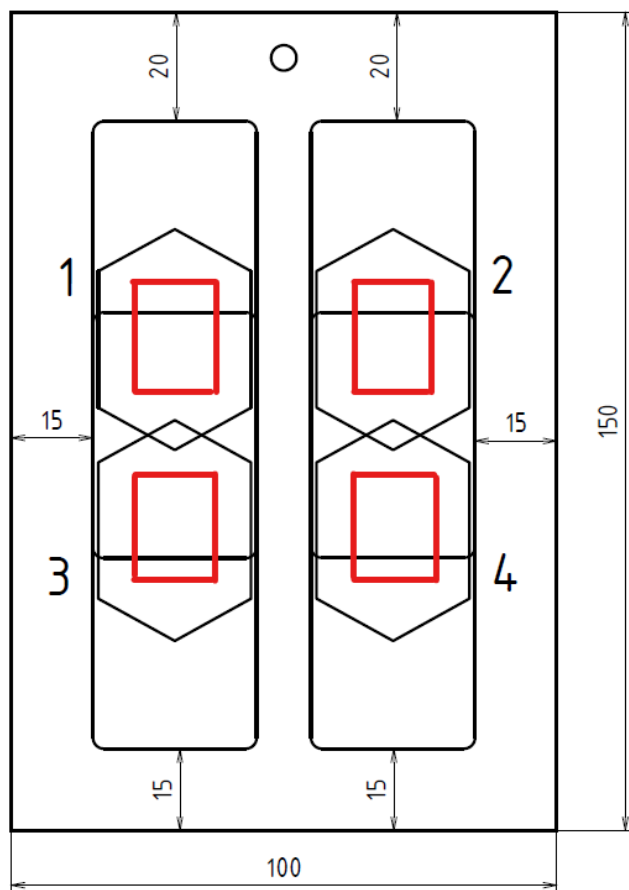
Experiment byl proveden v laboratoři tribologie a v laboratoři práškového lakování v následujících fázích (s průběžným vyhodnocováním výsledků):

1. Měření počátečního zamaštění vzorků přístrojem Recognoil
2. Odmaštění v ultrazvukové lázni 10 % roztokem odmašťovacího přípravku Star 75 PN
3. Měření zamaštění odmaštěných vzorků přístrojem Recognoil
4. Zamaštění vzorků ponořením do roztoku benzínu s různou koncentrací oleje SN 150
5. Měření povrchového napětí zamaštěných vzorků pomocí inkoustů
6. Měření drsnosti jednotlivých vzorků pomocí drsnoměru
7. Měření zamaštění zamaštěných vzorků přístrojem Recognoil
8. Nanesení nátěrové hmoty na zamaštěné vzorky a její vytvrzení
9. Mřížková zkouška
10. Odtrhová zkouška

7.3 Měření počátečního zamaštění

Na vzorcích bylo měřeno počáteční zamaštění, a to na čtyřech místech. Poloha těchto míst byla měřena od krajů s odchylkou přibližně 1 mm, viz Obr. č. 25. Pro vyšší efektivitu a přesnost byla posléze použita šablona vyrobená z kartonu, jejíž šířky okrajů odpovídají polohám čtyř měřených míst přístrojem Recognoil. Šablona byla vnějším okrajem zarovnána s okraji desky, ale ještě před samotným měřením byl povrch řádně ofouknut vzduchem z gumového stlačovacího balónku, protože přítomný prach na povrchu by mohl negativně ovlivnit výsledky (bylo by naměřeno větší zamaštění než ve skutečnosti). Následně byl do každého vnitřního rohu šablony přiložen přístroj Recognoil a stisknutím tlačítka zahájeno měření. Obrázek zamaštění snímané oblasti vytvořený programem Recognoil 2W v tabletu byl uložen včetně údaje o průměrné hodnotě zamaštění v jednotkách fluorescence, tzv. MEAN F.U. (mean fluorescent units).

Program Recognoil 2W v tabletu upravuje pro každý snímek stupnici zamaštění, aby bylo možné identifikovat nejvíce zamaštěná místa. Při porovnávání snímků mezi sebou je na tuto skutečnost potřeba brát zřetel, protože stejná barva neindikuje vždy stejnou hodnotu zamaštění.



Obr. č. 25: Poloha čtyř míst měření zamaštění přístrojem Recognoil

7.3.1 Vyhodnocení

Zprůměrované hodnoty zamaštění ze čtyř měření pro každý vzorek jsou uvedeny v Tab. č. 3, v Příloze A jsou pak uvedeny kompletní snímky všech čtyř měřených míst.

Průměrné zamaštění dosahovalo hodnoty 2458,8 MEAN F.U., nejvyšší zamaštění vykazovaly vzorky 11, 22 a 24 a naopak nejnižší vzorky 8, 15 a 21.

Tab. č. 3: Průměrné počáteční zamaštění vzorků

Číslo vzorku	Průměrná hodnota zamaštění [MEAN F.U.]
1	1784,75
2	3177,75
3	1769,5
4	1921
5	1380,5
6	1406,25
7	1055,5
8	598

9	1968,25
10	1239,5
11	15 950,75
12	1644,25
13	1526
14	1141
15	413
16	1154,25
17	1291,5
18	1914,25
19	2307,25
20	889,25
21	238,75
22	6064,25
23	824,75
24	7351,25

V grafu na Obr. č. 26 je vyneseno počáteční zamaštění všech vzorků.



Obr. č. 26: Graf počátečního zamaštění vzorků

7.3.2 Diskuze výsledků

Vzorky se značně lišily svým počátečním zamaštěním, a to i v rámci jednoho kusu na čtyřech měřených místech. Nejvíce zamaštěná místa se dala snadno identifikovat díky tmavšímu zbarvení oproti světlé okolní nezamaštěné ploše. Tímto způsobem byla také rozpoznatelná celková mastnota povrchu vzorku 11. Silnější znečištění nečistotami cizími (např. prachem) ani vlastními (např. rzí, okujemi) nebylo pozorováno ani u jednoho vzorku, usazené prachové částice z okolního prostředí bylo možné bez problému odstranit za pomoci stlačovacího balónku. Většina naměřených zamaštění (19 z celkem 24) překročila hodnotu 1000 MEAN F.U. a dle příručky k přístroji Recognoil tedy byla označena jako nevyhovující.

7.4 Odmaštění

Odmaštění všech vzorků proběhlo ultrazvukem v lázni tvořené 10 % roztokem odmašťovacího přípravku Star 75 PN. Na ultrazvukové čističce KRAINTEK K-IE byl nastaven čas odmašťování 5 minut, teplota 60 °C a intenzita 9 (viz Obr. č. 27). Po ukončení se za pomoci kovové tyčinky vzorek vyjmul, pod proudem vody v umyvadle opláchl a následně osušil fénem.



Obr. č. 27: Ultrazvukové odmašťování [foto autor]

7.5 Měření zamaštění po odmaštění

Postup měření zamaštění vzorků přístrojem Recognoil byl identický jako v kapitole 7.3, tedy přístrojem Recognoil bylo měřeno zamaštění vzorků na čtyřech stejných místech, jejichž polohu vyznačovala přiložená šablona z kartonu.

7.5.1 Vyhodnocení

Dle předpokladu byly po odmaštění naměřeny nižší hodnoty průměrného zamaštění než před odmaštěním. Poměrně výrazně se však lišily rozdíly u jednotlivých vzorků před a po odmaštění – největší rozdíl (15 042,5 MEAN F.U.) byl zaznamenán u vzorku 11, naopak nejmenší rozdíl (159 MEAN F.U.) u vzorku 21. Tato skutečnost je však dána jejich velkým rozdílným počátečním zamaštěním (15 950,75 vs 238,75 MEAN F.U.). Průměrný pokles pak představovala hodnota 1955,26 MEAN F.U.

Odmaštění lze označit za dostačující u většiny vzorků - po odmaštění byla naměřena hodnota přesahující 1000 MEAN F.U., udávaná výrobcem jako hraniční, pouze u dvou vzorků (vzorek 22 a 24) – jejich počáteční zamaštění však bylo poměrně vysoké (6064,25 a 7351,25 MEAN F.U.).

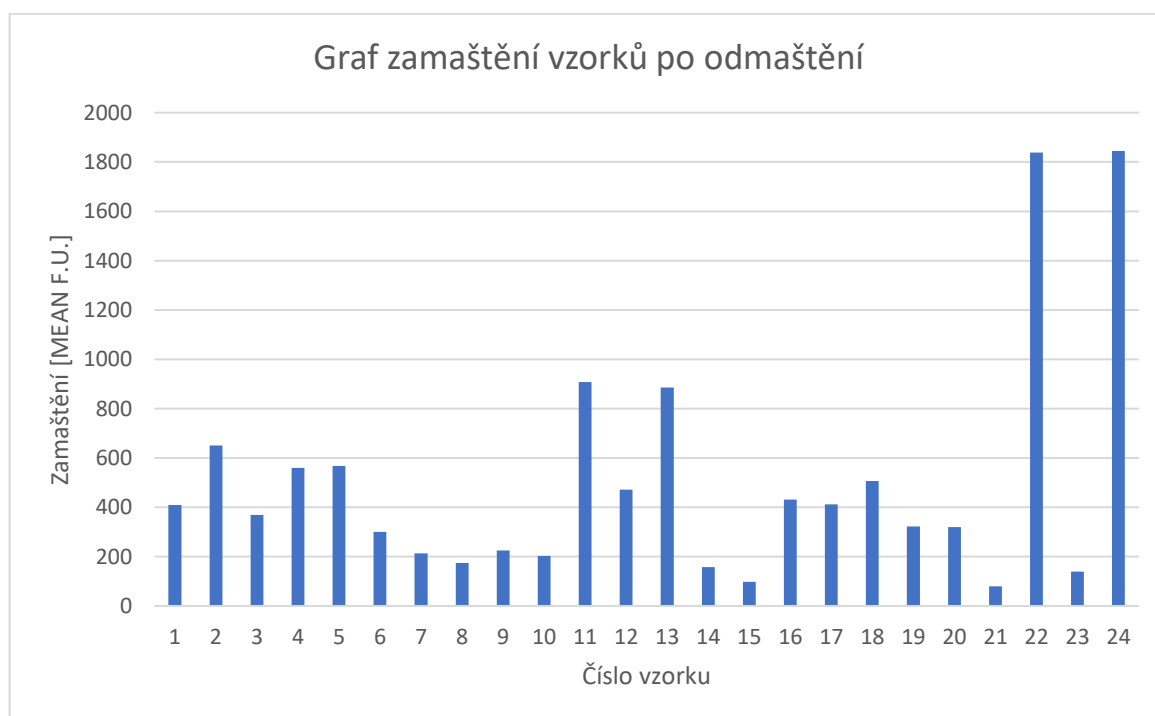
V Tab. č. 4 lze vidět průměrné hodnoty zamaštění každého vzorku včetně rozdílu oproti počátečnímu zamaštění, v Příloze B pak jsou uvedeny všechny snímky.

Tab. č. 4: Průměrné zamaštění vzorků po odmaštění

Číslo vzorku	Průměrná hodnota zamaštění [MEAN F.U.]	Rozdíl oproti počátečnímu zamaštění [MEAN F.U.]
1	409,5	-1375,25
2	651	-2526,75
3	368,5	-1401
4	559,5	-1361,5
5	567,5	-813
6	300	-1106,25
7	213,25	-842,25
8	174,5	-423,5
9	225,25	-1743
10	202,75	-1036,75
11	908,25	-15 042,5
12	471	-1173,25

13	885,5	-640,5
14	157,25	-983,75
15	98,25	-314,75
16	431	-723,25
17	411,5	-880
18	507	-1407,25
19	322	-1985,25
20	320	-569,25
21	79,75	-159
22	1837,75	-4226,5
23	139,75	-685
24	1844,5	-5506,75

Na Obr. č. 28 lze vidět grafické znázornění zamaštění vzorků po odmaštění.



Obr. č. 28: Graf zamaštění vzorků po odmaštění

7.5.2 Diskuze výsledků

Ultrazvukem bylo dosaženo účinného odmaštění a ve většině případů vyhovujících výsledků. I přes znatelné snížení zamaštění však nedošlo k odmaštění všech vzorků na jednu přibližně stejnou hodnotu. Lze tedy konstatovat, že počáteční zamaštění ovlivnilo výsledky této operace. Názornou ukázkou jsou vzorky 2, 22 či 24, jejichž velké počáteční zamaštění 606,25 MEAN F.U., 1837,75 MEAN F.U. a 1844,5 MEAN F.U. kleslo na stále vysokých

651 MEAN F.U., 1837,75 MEAN F.U. a 1844,5 MEAN F.U. Podobně i u málo zpočátku zamaštěných vzorků 15 (413 MEAN F.U.) a 21 (238,75 MEAN F.U.) zůstala zachována nejnižší hodnota zamaštění 98,25 MEAN F.U., resp. 79,75 MEAN F.U.

Největší pokles zaznamenal vzorek 11, u kterého kleslo zamaštění z absolutně nejvyšší hodnoty 15 950,75 MEAN F.U. na 908,25 MEAN F.U., blíží se vzorku 13 (885,5 MEAN F.U.). I tak se jedná o vysokou hodnotu ovlivněnou počátečním zamaštěním.

K dosažení stejné hodnoty výsledného zamaštění všech vzorků by u více znečištěných případů pomohla delší doba odmašťování. Znehodnocování odmašťovací lázně v průběhu procesu pozorováno nebylo, protože i ke konci byly rozdíly v odmaštění stále výrazné.

7.6 Zamaštění

Zamaštění dvaceti vzorků proběhlo jejich ponořením do speciální nádoby naplněné technickým benzinem zn. Severochema a tvářecím olejem SN 150 v koncentracích 0,5 %, 1%, 3 %, 5 % a 10 %. Nádoba byla uchycena držákem ke stojanu a vzorky visely zavlečené na kovové tyčince, položené příčně na horních hranách dvou největších stěn nádoby (viz Obr. č. 29).



Obr. č. 29: Sestava pro zamaštění vzorků [foto autor]

7.7 Měření zamaštění po zamaštění

Měření zamaštění bylo provedeno až před nanesením inkoustů/nátěrové hmoty, protože v průběhu doby ještě z povrchu odtékalo určité množství benzínu. Postup měření zamaštění přístrojem Recognoil se shodoval s postupem uvedeným v kapitole 7.3 a 7.5.

7.7.1 Vyhodnocení

U většiny vzorků byla dle očekávání naměřena průměrná hodnota zamaštění po jejich zamaštění vyšší než před zamaštěním. U některých vzorků tomu však bylo naopak.

Největší nárůst naměřeného zamaštění (2358,5 MEAN F.U.) byl pozorován u vzorku 7, nejmenší (4,75 MEAN F.U.) pak u vzorku 1. Naopak největší pokles zamaštění (206,5 MEAN F.U.) byl zaznamenán u vzorku 13.

Průměrné hodnoty zamaštění vzorků po cíleném zamaštění jsou uvedeny v Tab. č. 5, v Příloze C jsou pak uvedeny kompletní snímky.

Tab. č. 5: Zamaštění vzorků po cíleném zamaštění

Číslo vzorku	Průměrná hodnota zamaštění [MEAN F.U.]	Rozdíl oproti zamaštění po odmaštění [MEAN F.U.]
1	414,25	4,75
2	872,5	221,5
3	285,75	-82,75
4	611,75	52,25
5	1100,75	533,25
6	568,25	268,25
7	2571,75	2358,5
8	997	822,5
9	1726,5	1501,25
10	1489,25	1286,5
11	917,25	9
12	518,25	47,25
13	679	-206,5
14	99	-58,25
15	985,5	887,25
16	1748,5	1317,5
17	2148,25	1736,75
18	2516	2009
19	532	210
20	1591,75	1271,75

Grafické znázornění zamaštění vzorků po cíleném zamaštění je uvedeno na Obr. č. 30.



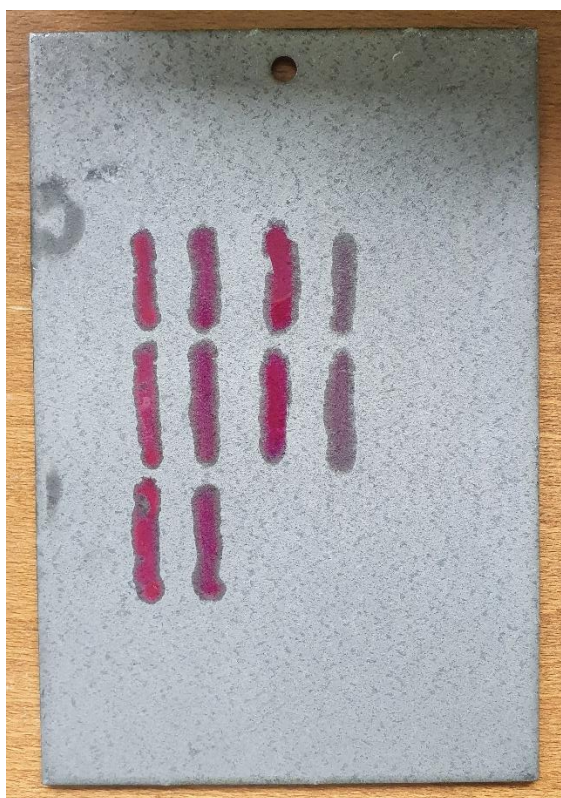
Obr. č. 30: Graf zamaštění vzorků po zamaštění

7.7.2 Diskuze výsledků

Předpokladem této operace bylo, že všechna naměřená zamaštění budou vyšší než předtím, což se nepotvrdilo. Důvodem, proč u některých vzorků bylo naměřeno zamaštění nižší (vzorek 3, 13, 14) než před touto operací, je pravděpodobně ten, že vliv benzínu převážil nad vlivem oleje a místo zamaštění došlo naopak k odmaštění povrchu. Přestože byl roztok benzínu s olejem před každým ponořením promíchán kovovou tyčinkou, mohl se olej o vyšší hustotě během pěti minut ponoru usadit ve spodní části nádoby, kde už nebyla zkoumaná místa ponořena.

7.8 Měření povrchového napětí inkousty

Na šesti zamaštěných vzorcích s různými koncentracemi oleje byly nejdříve naneseny dvě linky inkoustu Arcotest pod sebe o známé hodnotě povrchového napětí $38 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$. V některých nerozhodných případech byla nanesena i třetí linka. Pokud došlo ke slití těchto linek do kapiček, nanášely se další linky s nižšími hodnotami povrchového napětí (36 , 30 a $28 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$), dokud se inkoust přestal slévat. V opačném případě, kdy u prvního naneseného inkoustu ke slití nedošlo, se aplikovaly inkousty s vyšším povrchovým napětím (40 , 42 a $44 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$) než došlo ke slití. Takto byly vytvořeny dvě řady linek, z nichž jako první je označována řada orientovaná na desce výše a jako druhá řada orientovaná na desce níže.



Obr. č. 31: Měření povrchového napětí inkousty [foto autor]

7.8.1 Vyhodnocení

U vzorku 1 se slil inkoust při hodnotě povrchového napětí $42 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$, ovšem jednalo se pouze o linku ve druhé řadě. V první řadě nedošlo ke slití ani u jedné z linek, takže zde bylo povrchové napětí indikováno vyšší než $44 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$. Jako výsledek byla označena hodnota $40 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$.

Při měření vzorku 3 byl několikrát pozorován jev, kdy okraje linek se slily v kapičky, ale k celkovému slití linky nedošlo (konkrétně se jednalo o inkousty s povrchovým napětím $28 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$ a $36 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$). Viditelné slití celé linky inkoustu bylo zaznamenáno až při hodnotě $38 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$, takže výsledná hodnota povrchového napětí byla stanovena na $36 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$.

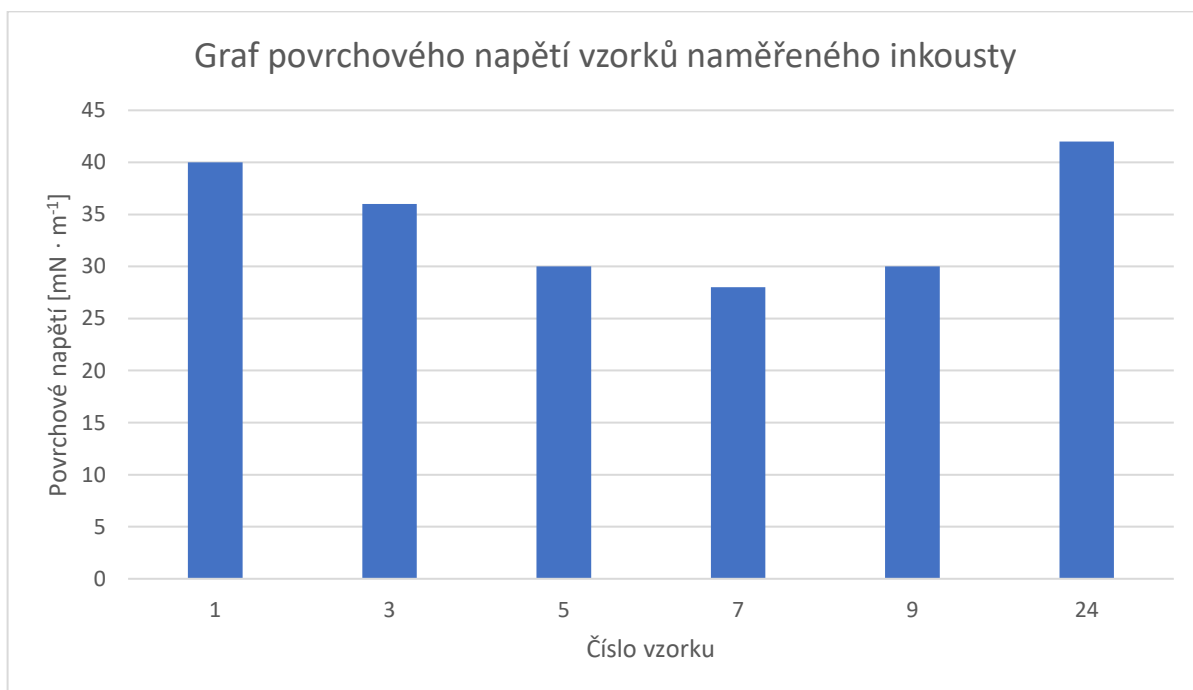
Na vzorku 5 se inkoust s povrchovým napětím $30 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$ choval podobným způsobem popsaným již u vzorku 3, tedy došlo ke slití pouze okrajů linky. U následující vyšší hodnoty $36 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$ již bylo slití celé linky do kapiček dobře patrné. Poměrně velký rozdíl mezi těmito dvěma hodnotami zapříčinil přesnější stanovení. Přesto lze předpokládat, že výsledek se blíží spíše nižší uvedené hodnotě $30 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$ kvůli již zmíněným slévajícím se okrajům.

Vzorek 7 vykazoval hodnotu $28 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$, i zde však už došlo ke slití okrajů. Všechny ostatní inkousty s vyšším povrchovým napětím se viditelně slily do kapiček.

U vzorku 9, který byl dříve ponořen do benzínu s vyšším objemem oleje než vzorek 7, paradoxně došlo ke slití inkoustu až při hodnotě $36 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$. Výsledné povrchové napětí tedy je $30 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$ nebo ještě vyšší – opět vlivem velkého rozdílu hodnot mezi inkousty nelze přesněji určit.

Vzorek 24, jenž olejem zamaštěn nebyl, pak dosáhl hodnoty $42 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$.

Grafické vyjádření povrchového napětí jednotlivých vzorků zobrazuje Obr. č. 32. Celkově však lze konstatovat, že při srovnání s hodnotami zamaštění z přístroje Recognoil (viz kapitola 7.8.2) nebyly všechny výsledky dostatečně přesné a měření tedy není průkazné.



Obr. č. 32: Graf povrchového napětí vzorků naměřeného inkousty

7.8.2 Diskuze výsledků

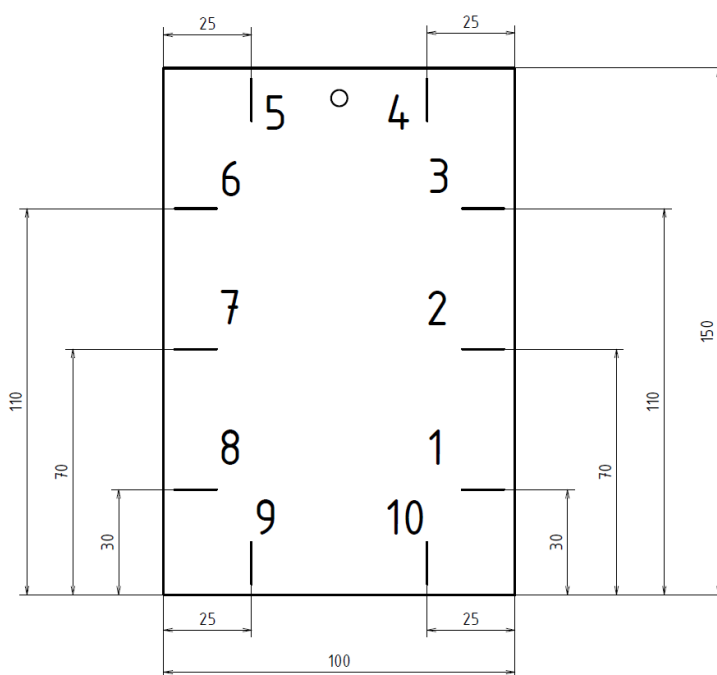
Kromě vzorku 9 odpovídá sloupcový graf na Obr. č. 32 předpokladu, že s rostoucím zamaštěním klesá povrchové napětí – nejvyšší hodnoty $42 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$ bylo dosaženo

na nezamaštěném vzorku 24, poté již byla (s výjimkou vzorku 9) tendence maximálních hodnot klesající.

Vzorek 24 nicméně vykazoval druhou nejvyšší hodnotu zamaštění ze všech vzorků, konkrétně 1844,5 MEAN F.U. Také při srovnání zamaštění vzorku 3 (285,75 MEAN F.U.) se vzorkem 1 (414,25 MEAN F.U.) je třeba podotknout, že zamaštění vzorku 3 bylo nižší, čemuž měření inkousty neodpovídá. Další vzorky 5 a 7 naopak svými rostoucími zamaštěními 1100,75 MEAN F.U. a 2571,75 MEAN F.U. inkoustům odpovídají. Vyšší povrchové napětí vzorku 9 ve srovnání se vzorkem 7 lze vysvětlit nižším zamaštěním (1726,5 MEAN F.U. vs. 2571,75 MEAN F.U.).

7.9 Měření drsnosti

Drsnost byla měřena na celkem deseti místech podél okrajů desky kvůli možnostem použitého drsnoměru, viz Obr. č. 33. Drsnoměr Mitutoyo SJ-210 byl umístěn na okraj kartonu tak, aby jeho hrot okraj kartonu přesahoval a dotýkal se povrchu měřené desky umístěné u okraje kartonu na přeloženém papíru, jak lze vidět na Obr. č. 34. Po spuštění přístroj posuvem hrotu zobrazil na displeji hodnoty Rz, Ra a Rq, které byly zaznamenány.



Obr. č. 33: Poloha deseti míst měření drsnosti povrchu



Obr. č. 34: Měření drsnosti povrchu drsnoměrem [foto autor]

7.9.1 Vyhodnocení

Nejvyšší a nejnižší hodnota byla vyškrtnuta a ze zbylých osmi hodnot byla vypočítána průměrná hodnota Rz, Ra a Rq pro každou desku. Průměrné hodnoty drsností Rz, Ra a Rq uvádí Tab. č. 6.

Naměřené hodnoty drsnosti všech deseti míst na každém vzorku jsou uvedeny v Příloze D.

Tab. č. 6: Průměrné hodnoty drsností vzorků

Číslo vzorku	Rz [μm]	Ra [μm]	Rq [μm]
1	4,644	0,79	0,975
2	7,87	1,292	1,652
3	6,232	0,985	1,266
4	5,256	0,834	1,066
5	5,359	0,86	1,099
6	4,818	0,776	0,975
7	6,405	1,057	1,329
8	6,615	1,097	1,378
9	7,88	1,286	1,658
10	4,555	0,718	0,911
11	5,834	0,979	1,237
12	6,646	1,102	1,384
13	5,657	0,991	1,248
14	12,926	2,184	2,727
15	7,895	1,325	1,665
16	5,766	0,867	1,117

17	5,208	0,849	1,071
18	6,937	1,15	1,447
19	15,643	2,549	3,255
20	12,335	1,951	2,509
21	9,108	1,526	1,912
22	4,862	0,832	1,033
23	5,189	0,809	1,028
24	10,619	1,777	2,238

7.9.2 Diskuze výsledků

Jednotlivé vzorky se v různé míře lišily drsností povrchu. Největší výkyvy lze pozorovat u parametru Rz, kde největší rozdíl je přibližně 11 μm . Více konstantní hodnoty byly naměřeny u parametrů Rq a Ra, kdy parametr Ra je využíván velmi často například v technických výkresech. Hodnoty Ra se až na několik výjimek pohybovaly kolem 1 μm , parametr Rq už měl rozmezí širší a zároveň celkově se pohybuje v mírně vyšších hodnotách. U okrajů některých vzorků se místy vyskytovaly různé nerovnosti (vrypy, prohlubně apod.), které částečně mohly ovlivnit výsledky měření i přes vyškrtnutí obou krajních hodnot.

7.10 Aplikace nátěrové hmoty

Po provedení všech předcházejících operací byla na všechny vzorky (s výjimkou testovaných inkousty) aplikována nátěrová hmota. Lakování probíhalo v laboratoři práškového lakování komerčně dostupným jednosložkovým akrylátovým plničem (používá se i jako základová barva) Polykar 1K ve spreji dle uvedeného návodu. Každý vzorek byl pokryt celkem osmi souvislými vrstvami této barvy, přičemž vrstvy se nanášely v intervalu dvou až tří minut a nástřik se prováděl střídavě pohybem spreje ze strany na stranu a odshora dolů (potřebný počet nanášených vrstev byl předem experimentálně zjištěn na několika zkušebních vzorcích). Vzdálenost nanášecí trysky od povrchu se pohybovala kolem dvaceti centimetrů.

Během lakování se v nátěru uchytilo několik částic prachu z okolí, ovšem nikoliv v takové míře, aby tím byly zásadně ovlivněny další operace tohoto experimentu. Kromě toho povlak nevykazoval žádné jiné vady – na všech vzorcích bylo dosaženo souvislé vrstvy nátěru s hladkým povrchem.

Před mřížkovou zkouškou se nátěr nechal vytvrdnout 24 hodin, před nalepením odtrhových tělísek pak 48 hodin.

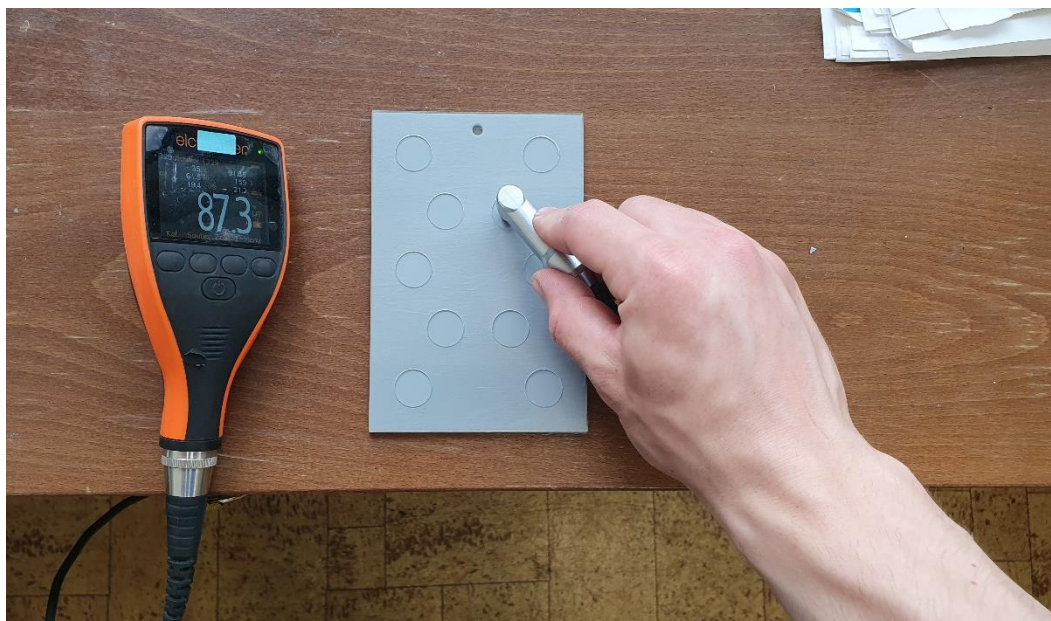


Obr. č. 35: Aplikace nátěrové hmoty [foto autor]

7.11 Měření tloušťky nátěru

Měření tloušťky nátěru probíhalo pomocí digitálního tloušťkoměru Elcometer 456 TOP a plastové průhledné šablony s deseti otvory, jejíž vnější rozměry odpovídaly rozměrům kovových desek. Sonda byla přiložena do každého z otvorů a přístroj na displeji automaticky zobrazil vyhodnocené parametry (počet měření, aritmetický průměr, nejnižší a nejvyšší hodnotu, směrodatnou odchylku a koeficient variace), viz Obr. č. 36.

Stejným způsobem byla měřena i tloušťka nátěru v místech provádění mřížkové a odtrhové zkoušky (hodnoty jsou uvedeny v kapitolách 7.12 a 7.13).



Obr. č. 36: Měření tloušťky nátěru digitálním tloušťkoměrem [foto autor]

7.11.1 Vyhodnocení

V Tab. č. 7 jsou uvedeny všechny vyhodnocené parametry získané z použitého tloušťkoměru.

Požadované tloušťky nátěru kolem $80\ \mu\text{m}$ se podařilo dosáhnout v různé míře, celková průměrná tloušťka nátěru byla mírně vyšší, konkrétně $85,7\ \mu\text{m}$. Snaha o vytvoření nátěru o tloušťce pohybující se mezi 61 a $120\ \mu\text{m}$ kvůli následné mřížkové zkoušce byla tedy do značné míry úspěšná.

Maximální rozdíly v tloušťkách nátěrů na jednotlivých vzorcích se nejčastěji pohybovaly v rozmezí 15 až $30\ \mu\text{m}$, což lze ještě považovat za vyhovující. V případě vzorku 20 ale byla nejsilnější vrstva nátěru téměř dvojnásobná oproti vrstvě nejslabší. Také díky tomu je v tomto případě směrodatná odchylka i variační koeficient nejvyšší. Dále byly vysoké hodnoty těchto ukazatelů zaznamenány u vzorku 23, kde největší rozdíl tlouštěk představovala hodnota $45,4\ \mu\text{m}$. Naopak nejmenší směrodatnou odchylku měl vzorek 4, koeficient variace pak vzorek 16.

Tab. č. 7: Naměřené hodnoty při měření tloušťky vrstev

Číslo vzorku	Počet měření	Aritmetický průměr tloušťky vrstvy [μm]	Nejnižší hodnota [μm]	Nejvyšší hodnota [μm]	Směrodatná odchylka [μm]	Koeficient variace [%]
2	10	66,18	59	74,5	6,12	9,2
4	10	59,83	54,9	66,4	3,9	6,5
6	10	63,46	53,5	76,6	7,32	11,5
8	10	104	90,3	120	9,91	9,5
10	10	74,62	61,1	85,4	8,87	11,9
11	10	99,81	94,6	110	5,02	5
12	10	71,39	64,5	83	5,26	7,4
13	10	82,52	73,6	90,5	5,71	6,9
14	10	102,4	92,2	115	7,25	7,1
15	10	105,9	97,3	128	9,36	8,8
16	10	113,8	104	122	5,49	4,8
17	10	98,23	87,5	113	6,98	7,1
18	10	79,99	66,3	95,2	9,19	11,5
19	10	73,98	61,4	93	9,03	12,2
20	10	90,55	57,3	110	15,6	17,2
21	10	87,87	77,4	99,2	6,91	7,9
22	10	71,89	54,5	84,1	7,69	10,7
23	10	96,26	66,6	112	13,6	14,2

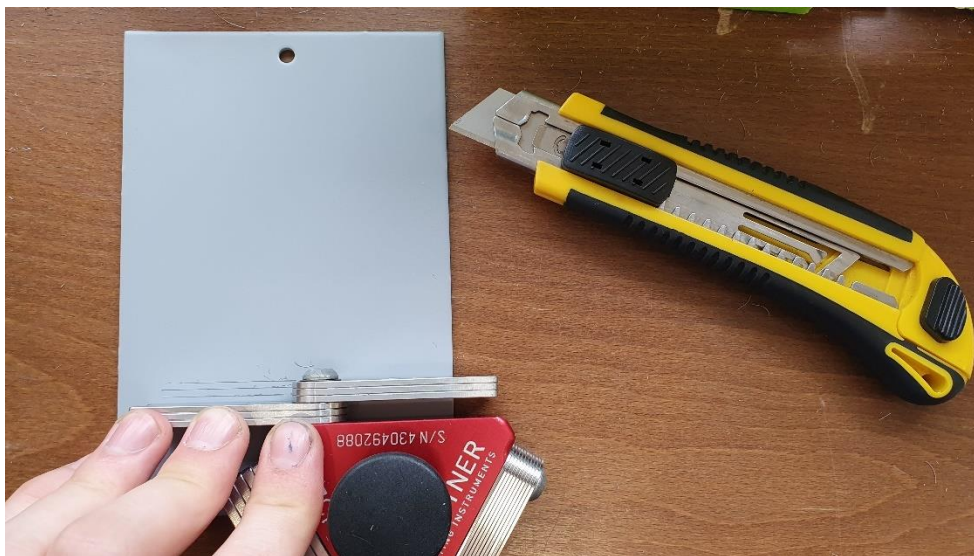
7.11.2 Diskuze výsledků

Přestože byl při lakování dodržován stejný postup, dosažené výsledky z následného měření tlouštěk povlaku se celkem liší. Důvodem je lidský faktor, protože při ručním nanášení není dosaženo dostatečné míry přesnosti a rovnoměrnosti. Například při nanášení na sebe nemusí jednotlivé tahy sprejem dokonale navazovat, nýbrž se mohou částečně překrývat či někde naopak mohou zůstat nepřekrytá místa. Také vlivem rozdílů ve vzdálenostech nanášení může dojít k rozdílnému rozptylu nátěrové hmoty a tedy různému pokrytí. K dosažení rovnoměrnější vrstvy by bylo vhodné použít nanášecí pravítko.

7.12 Mřížková zkouška

Na vzorcích se zaschnutým nátěrem byla provedena mřížková zkouška přilnavosti. Protože měření tloušťkoměrem ukázalo, že naprostá většina tlouštěk nátěru se pohybuje v rozmezí 60 až 120 μm , byl zvolen rozstup mezi řezy 2 mm, jak je uvedeno v normě ISO 2409.

Této vzdálenosti bylo dosaženo pomocí nástroje se skládacími planžetami (viz Obr. č. 37). Řez probíhal nožem s odlamovací čepelí, po dvanácti řezech byl použitý břit odlomen (tj. na vytvoření mřížky na každém vzorku byl použit jeden čerstvý břit). Poté byla do oblastí provedených řezů, rovnoběžně s dolním okrajem desky, přilepena šedá tkaninová páska X-Way od firmy Schuller Eh'klar. Prsty byla důkladně přitisknuta a sejmuta pod úhlem přibližně 60°. Následovalo vyhodnocení odloupnutého povlaku v oblasti mřížky.



Obr. č. 37: Průběh mřížkové zkoušky [foto autor]

7.12.1 Vyhodnocení

Výsledky mřížkové zkoušky příliš neodpovídají očekáváním, protože rozdíly mezi odlišně zamaštěnými, resp. nezamaštěnými vzorky nejsou až tak výrazné. Například vzorek 10, zamaštěný roztokem s 10 % oleje, dosáhl stejné klasifikace jako vzorek 22, jenž zamaštěný nebyl. Nejhorší klasifikace 3 dle ISO, resp. 2B dle ASTM, dosáhl překvapivě vzorek 13, na který byl nanesen benzín s olejem v koncentraci pouze 1 % a paradoxně vykazoval podprůměrné zamaštění (679 MEAN F.U.). Přesto byl vliv zamaštění na výsledky mřížkové zkoušky zaznamenán u vzorků 21 (79,75 MEAN F.U.) a 23 (139,75 MEAN F.U.), které dosáhly klasifikace ISO 1. Vzorky 2, 4 a 6, rovněž klasifikované stupněm ISO 1, měly zamaštění na úrovni sice vyšší, ale stále nedosahující hodnoty 1000 MEAN F.U.

Drsnost povrchu se příliš viditelně neprojevila na výsledcích – kromě vzorku 21 se ostatní nejlépe hodnocené vzorky 2, 4, 6 a 23 svými drsnostmi řadily mezi průměr nebo dokonce

podprůměr. Tuto skutečnost potvrzuje i vzorek 19 s nejvyššími hodnotou Rz, Ra i Rq, který byl přesto hodnocen stupněm ISO 2.

Vliv tloušťky vrstvy nátěru na přilnavost zde nebyl pozorován. Z výsledků by se sice teoreticky dalo usuzovat, že pro klasifikaci ISO 1 se maximální tloušťka pohybuje okolo 80 μm , ale toto tvrzení nelze brát jako platné – v mnohých jiných případech (např. vzorek 18 a 19) s tenčí vrstvou nátěru se dosáhlo stupně ISO 2.

Detailní snímky vzorků po provedení mřížkové zkoušky jsou součástí Přílohy E.

Tab. č. 8: Výsledky mřížkové zkoušky

Číslo vzorku	Tloušťka vrstvy pozorovaného místa [μm]	Klasifikace ISO	Klasifikace ASTM
2	64,7	1	4B
4	64,3	1	4B
6	63,8	1	4B
8	104	2	3B
10	67,8	2	3B
11	102	2	3B
12	74,4	2	3B
13	89,2	3	2B
14	113	2	3B
15	118	2	3B
16	115	2	3B
17	111	2	3B
18	75,8	2	3B
19	72,9	2	3B
20	99	2	3B
21	83,8	1	4B
22	66,6	2	3B
23	79,4	1	4B

7.12.2 Diskuze výsledků

Výsledky mřížkové zkoušky se pohybovaly bez větších výkyvů v rámci pouze třech klasifikačních stupňů (ISO 1, 2 a 3), přičemž méně zamaštěné vzorky byly zpravidla hodnoceny lépe. Při vyšším zamaštění ovšem nebylo pozorováno významné zhoršení, což může poukazovat jak na celkově dobré adhezní vlastnosti této nátěrové hmoty, tak také na vhodnou

kombinaci použitého oleje SN 150 a konkrétní nanesené barvy. Látky spolu mohly i určitým způsobem zreagovat a ve výsledku se očekávané zhoršení přilnavosti nemuselo projevit.

7.13 Odtrhová zkouška

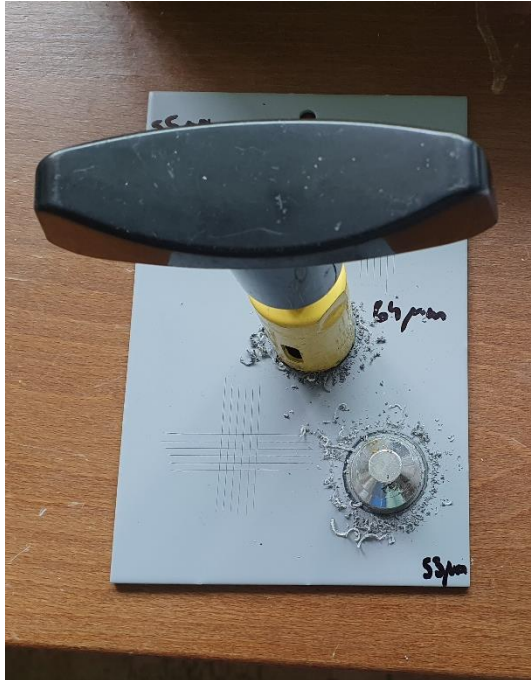
V rámci odtrhové zkoušky se nejprve očistil lepený povrch odtrhových tělísek odlamovacím nožem, poté na rotačním broušícím stroji a nakonec ručně smirkovým papírem hrubosti 220 (průměr lepené plochy tělísek je 20 mm). Na vzorcích byla vybrána tři místa, kde se během lakování neuchytily žádné prachové částice. Tato místa byla lehce zbroušena smirkovým papírem hrubosti 220 a měřila se na nich tloušťka nátěru. Poté byla odmaštěna 99,9 % isopropylalkoholem, stejně jako lepené plochy odtrhových tělísek. Na skleněné desce bylo rozmícháno dvousložkové epoxidové lepidlo UHU PLUS endfest 300 EPOXY. Za pomoci špachtle došlo k nanesení dostatečného množství lepidla na lepenou plochu odtrhového tělíska a přitlačení na již připravené místo desky. Přelepení tělísek papírovou páskou do kříže pak zamezilo jejich případnému posunu (viz Obr. č. 38).



Obr. č. 38: Lepení odtrhových tělísek [foto autor]

Kvůli nedostatku odtrhových tělísek byla nakonec na každý vzorek přilepena pouze dvě tělíska, ovšem vypovídající hodnota měření je stále dobrá.

Lepidlo se nechalo vytvrdnout týden (168 hodin) v laboratoři při teplotě přibližně 40 °C, což by dle výrobce mělo zaručit pevnost kolem $150 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$. Poté byla stržena papírová páska a za pomoci ručního řezáku vyříznuta kružnice kolem nalepených tělísek, viz Obr. č. 39.

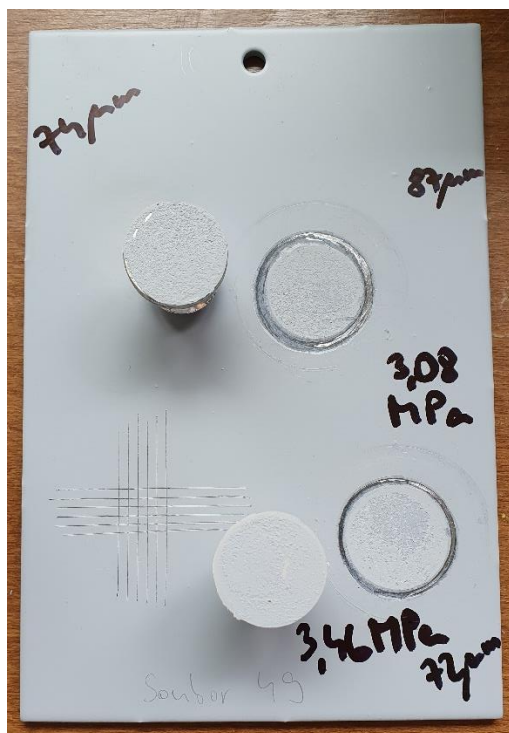


Obr. č. 39: Řezání nátěru řezákem [foto autor]

Následně byly automatickým hydraulickým odtrhoměrem Elcometer 510 provedeny odtrhy, jak lze vidět na Obr. č. 40. Jednotlivá napětí při odtržení byla pro vyhodnocení odečtena a zaznamenána, podobně jako charakter porušení.



Obr. č. 40: Průběh odtrhové zkoušky [foto autor]



Obr. č. 41: Výsledek odtrhů na vzorku 10 [foto autor]

7.13.1 Vyhodnocení

V Tab. č. 9 jsou uvedeny výsledky odtrhů. První odtrh, umístěný na destičce výše, je vždy označen jako „I“, druhý odtrh, orientovaný na destičce níže, je pak označen jako „II“.

Ani zde se výrazně neprojevil vliv mastnoty povrchu na přilnavost nátěru. Na vzorcích 4 a 6 s podprůměrným zamaštěním sice byla naměřena dvě nejvyšší odtrhová napětí, ale u vzorku 14 s ještě výrazně nižším zamaštěním byla odtrhová napětí podobná nebo nižší. Dále například odtrhy na vzorcích 6 a 10 označené jako „II“ vykazují stejný druh lomu i téměř identické odtrhové napětí 3,47 MPa, resp. 3,46 MPa, ovšem jejich průměrné zamaštění se liší o přibližně 920 MEAN F.U. Také naopak u podobně zamaštěných vzorků 12 (518,25 MEAN F.U.) a 19 (532 MEAN F.U.) není přílišná shoda v odtrhových napětích: 2,74 MPa vs. 1,76 MPa, resp. 2,66 MPa vs. 2,26 MPa.

Na nezamaštěném vzorku 23 bylo dokonce zaznamenáno nejnižší napětí a také vysoký podíl kohezního lomu v lepidle. Nejvyšší dosažená hodnota je pak rovna 3,61 MPa na pozici II vzorku 4, zamaštěném koncentrací 1 % oleje. V tomto místě byla naměřena i nejtenčí vrstva nátěru 53 μm , ovšem souvislost s napětím je zde spíše náhodná – kupříkladu odtrh I na vzorku 8 s dvojnásobnou tloušťkou nátěru dosáhl jen o trochu nižšího napětí 3,2 MPa a u odtrhu II na vzorku 19 s menší tloušťkou 75 μm se hodnota napětí vyšplhala jen na 2,26 MPa.

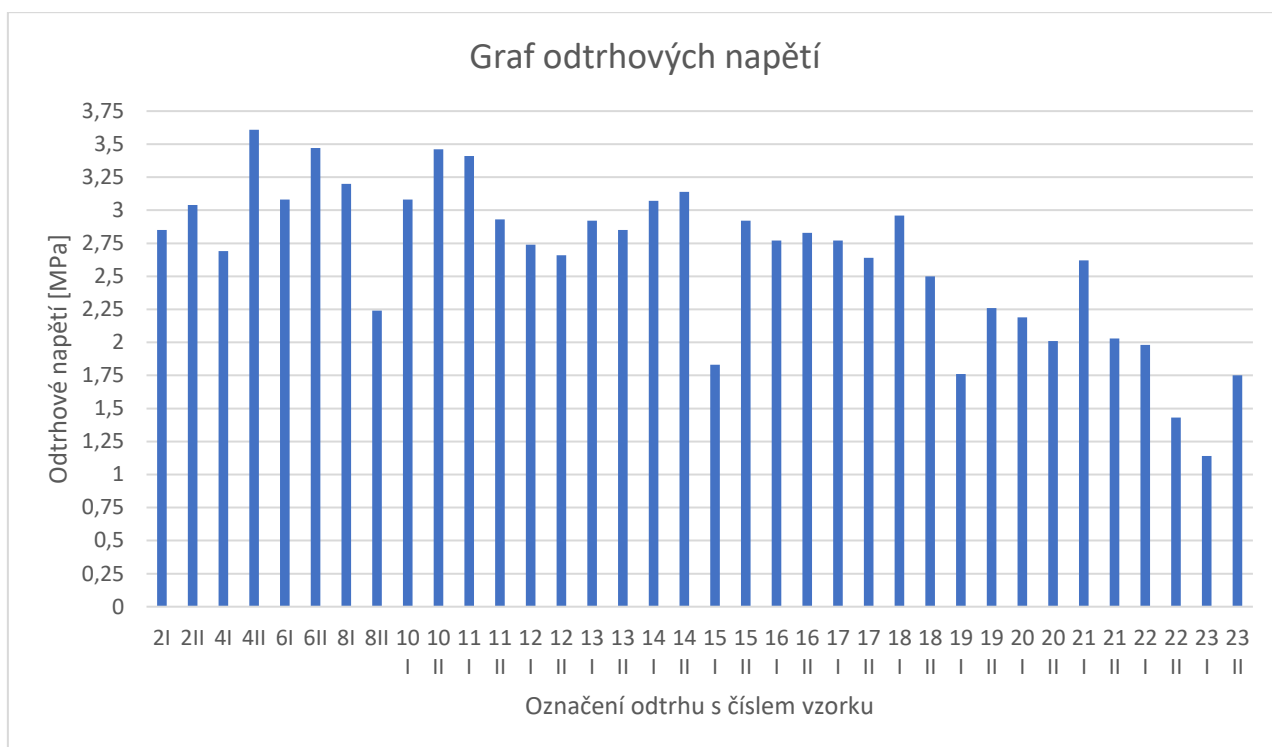
Největší procentuální podíl na porušení měl v téměř všech případech kohezní lom v nátěru. Tím je možno konstatovat, že i přes zamaštění povrchu přilnula nátěrová hmota k podkladu velmi dobře a s lepší přilnavostí než je pevnost samotné nátěrové hmoty. Vyšší podíl kohezního lomu v lepidle počínaje vzorkem 20 a pokračující až do konce může souviset s tím, že původně nanesené lepidlo na skleněnou míchací desku došlo. Kvůli tomu muselo být přidáno další lepidlo, jehož kvalitu mohly negativně ovlivnit zbytky prvotně naneseného lepidla na skleněné desce.

Snímky z mřížkové zkoušky jsou uvedeny v Příloze F.

Tab. č. 9: Výsledky odtrhové zkoušky

Číslo vzorku	Měřené místo	Tloušťka nátěru [μm]	Odtrhové napětí [MPa]	Odtrhová síla [N]	Druh lomu [%]				
					A/B	B	B/Y	Y	Y/Z
2	I	66	2,85	895,354	0	100	0	0	0
	II	73	3,04	955,044	5	95	0	0	0
4	I	64	2,69	845,088	5	95	0	0	0
	II	53	3,61	1134,115	5	95	0	0	0
6	I	61	3,08	967,611	10	90	0	0	0
	II	54	3,47	1090,133	0	100	0	0	0
8	I	106	3,2	1005,310	0	100	0	0	0
	II	98	2,24	703,717	0	100	0	0	0
10	I	87	3,08	967,611	0	95	0	5	0
	II	72	3,46	1086,991	0	100	0	0	0
11	I	93	3,41	1071,283	0	100	0	0	0
	II	95	2,93	920,487	0	90	10	0	0
12	I	62	2,74	860,796	0	95	0	5	0
	II	70	2,66	835,664	0	95	0	5	0
13	I	80	2,92	917,345	0	100	0	0	0
	II	78	2,85	895,354	0	100	0	0	0
14	I	91	3,07	964,469	0	100	0	0	0
	II	98	3,14	986,460	0	100	0	0	0
15	I	98	1,83	574,911	0	60	15	15	10
	II	96	2,92	917,345	0	90	0	10	0
16	I	108	2,77	870,221	0	95	5	0	0
	II	113	2,83	889,071	0	100	0	0	0
17	I	98	2,77	870,221	20	70	10	0	0
	II	102	2,64	829,380	25	70	5	0	0
18	I	80	2,96	929,911	0	80	15	5	0
	II	64	2,5	785,398	0	85	10	5	0
19	I	65	1,76	552,920	0	80	0	20	0
	II	75	2,26	710,000	0	90	0	10	0
20	I	78	2,19	688,009	0	70	0	30	0
	II	65	2,01	631,460	0	75	0	25	0
21	I	88	2,62	823,097	0	85	0	15	0
	II	93	2,03	637,743	0	65	0	35	0
22	I	79	1,98	622,035	0	70	5	25	0
	II	70	1,43	449,248	0	55	20	25	0
23	I	99	1,14	358,142	10	50	5	35	0
	II	90	1,75	549,779	0	50	0	50	0

Na Obr. č. 42 je graf znázorňující odtrhové napětí všech měřených míst.



Obr. č. 42: Graf odtrhových napětí

7.13.2 Diskuze výsledků

Žádné z odtrhových napětí nedosáhlo výrazně vyšší hodnoty než 3 MPa, kde se pohybovala většina odtrhů bez ohledu na zamaštění (včetně nejvyšší naměřené hodnoty 3,61 MPa). To může poukazovat na skutečnost, že použitá nátěrová hmota sice nevyniká vysokou hodnotou přilnavosti, ale na druhou stranu zaručuje relativně konstantní přilnavost i v případě zamaštěného povrchu.

Klesající tendenci odtrhových napětí, která by odpovídala rostoucímu zamaštění, lze v grafu vidět přibližně od vzorku 14 dále, nicméně vzhledem k podobným hodnotám napětí u odlišně zamaštěných vzorků (např. vzorku 19 (532 MEAN F.U.) a vzorku 20 (1591,75 MEAN F.U.)) to není příliš vypovídající.

Výraznější podíl na nízkých odtrhových napětích nezamaštěných vzorků 22 a 23 mělo lepidlo, u kterého došlo ve větší míře ke koheznímu lomu.

8. Technicko – ekonomické zhodnocení

Vzhledem k málo odpovídajícím výsledkům nebylo experimentálním měřením dosaženo ověření předpokladu o závislosti mezi zamaštěním a přilnavostí nátěru. V praxi se však lze s touto závislostí setkat velmi často, kdy zanedbání předúpravy povrchu před nanesením nátěrové hmoty vede k poruchám nátěru a následným značným nákladům na opravu.

Pokud by byla jako mez přilnavosti při odtrhové zkoušce uvažována běžně udávaná hodnota 3 MPa, daly by se vzorky zamaštěné olejem v koncentraci 3 %, 5 % či dokonce 10 % označit jako vyhovující. Přesto je však nelze takto hodnotit i proto, že příručka k měření použitého přístroje Recognoil 2W udává, že vhodné zamaštění dosahuje maximální hodnoty 1000 MEAN F.U., která byla u mnohých vzorků překročena.

Způsob odmašťování v ultrazvukové lázni tvořené roztokem odmašťovacího prostředku Star 75 PN se ukázal být dostatečně účinný. Čištěním ultrazvukovou čističkou sice významně kleslo zamaštění, ale bohužel nedošlo k odmaštění všech vzorků na určitou podobnou hodnotu (rozmezí naměřených zamaštění bylo velké). Aby se dosáhlo podobných výsledků, bylo by třeba pro vzorky s vyšším počátečním zamaštěním nastavit delší dobu odmašťování. Pořízení tohoto zařízení vyžaduje větší investici v porovnání například s ručním odmašťováním benzínem. V sériové výrobě by se však vložené náklady pravděpodobně již brzy vyplatily.

Zařazení mechanické předúpravy (např. tryskání) před chemickou by jistě pomohlo zlepšit výsledky, jelikož mechanicky již lze odstranit některé pevné nečistoty a mastnotu a zdrsnit povrch pro lepší přilnavost nátěru.

Přístrojem Recognoil je možné kontrolovat odmaštění výrobků již při výrobě a omezit tak zmetkovitost. Díky tomu lze optimalizovat výrobu a v konečném důsledku pak dosáhnout celkového snížení nákladů.

6. ZÁVĚR

Cílem práce bylo zaprvé zpracování rešerše týkající se předúprav povrchu, složení a nanášení nátěrových hmot a způsobů hodnocení jejich přilnavosti, zadruhé pak experimentální zjištění vlivu zamaštění povrchu na přilnavost nátěru. Za tímto účelem bylo vybráno 24 vzorků (ocelových destiček), na kterých se provedlo šest stupňů zamaštění olejem. Šest z těchto vzorků bylo testováno na povrchové napětí inkousty. Na zbytku byl po nanesení nátěrové hmoty zkoumán vliv jednotlivých stupňů zamaštění a drsnosti povrchu na přilnavost.

Předpokladem experimentálního měření bylo, že vzorky zamaštěné vyšší koncentrací oleje dosáhnou znatelně horších výsledků jak v rámci mřížkové, tak odtrhové zkoušky. Získané výsledky ovšem toto očekávání nepotvrdily. Jako první důvod lze označit ovlivnění výsledků počátečním zamaštěním vzorků, kdy totožný postup při odmašťování rozdílně zamaštěných vzorků nevedl k podobným hodnotám po odmaštění. Dalším možným ovlivňujícím faktorem mohla být kombinace použitého oleje a nátěrové hmoty, kdy daný olej nepůsobil negativním způsobem na nátěrovou hmotu či dokonce tyto dvě látky při vzájemném kontaktu zreagovaly, čímž mohlo naopak dojít ke zlepšení přilnavosti nátěrové hmoty. Úpravou doby odmašťování a použitím jiného oleje či nátěrové hmoty by s největší pravděpodobností bylo dosaženo či alespoň přiblíženo se očekávaným výsledkům.

Bibliografie

- [1] LUKAVSKÝ, Ladislav, Stanislav BOUŠKA a Václav FIALA. *Nátěrové hmoty: 1. díl. 3.*, upravené vyd. Praha: Merkur, 1993. ISBN 80-703-2301-9.
- [2] KREIBICH, Viktor. *Strojírenské materiály a povrchové úpravy: Část povrchové úpravy. 1.* vydání. Praha: Ediční středisko ČVUT, 1987.
- [3] BÁRTA, Patrick, Klára ČECHLOVSKÁ, Georg HABER et al. *Čištění kovů. 1.* vydání. Brno: Technické muzeum v Brně - Metodické centrum konzervace, 2016. ISBN 978-80-87896-37-2.
- [4] SOUKUP, Miloslav a Vladimír RUML. *Odmašťování v průmyslu a zemědělství. 1.* vydání. Praha: SNTL, 1978.
- [5] NOVOTNÝ, Jiljí, Jan ŠANOVEC, Bohumír BEDNÁŘ a Viktor KREIBICH. *Technologie I: (slévání, tváření, svařování a povrchové úpravy). 1.* vydání. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1996. ISBN 80-010-1420-7.
- [6] ŠTURC, Josef. *Moření oceli. 1.* vydání. Praha: SNTL, 1985.
- [7] NEUWIRTH, Jiří. Tryskání - univerzální prostředek přípravy povrchů. *Povrchové úpravy.* Praha: PRESS AGENCY, 2009, **12**(2), 47. ISSN 0551-7354.
- [8] KUNERT, Petr. Umět zvolit vhodný tryskací materiál odpovídající potřebám úpravy povrchu. *Povrchové úpravy.* Praha: PRESS AGENCY, 2009, **12**(2), 48-49. ISSN 0551-7354.
- [9] KRAUS, Václav. *Povrchy a jejich úpravy.* Plzeň: Západočeská univerzita, Strojní fakulta, 2009. ISBN 978-80-7043-668-1.
- [10] MOHYLA, Miroslav. *Technologie povrchových úprav kovů. 2.* vyd. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 2000. ISBN 80-707-8953-0.
- [11] KUBÁTOVÁ, Hana. *Nátěry kovů. 1.* vydání. Praha: Grada, 2000. ISBN 80-247-9035-1.
- [12] WEISMANTEL, Guy. *Paint Handbook.* New York: MacGraw - Hill, 1981. ISBN 0-07-069061-8.
- [13] LUKAVSKÝ, Ladislav, Stanislav BOUŠKA a Václav FIALA. *Katalog nátěrových hmot: 1. díl.* 1. vydání. Praha: Merkur, 1983.

- [14] HUND, Jerry P. Spray application processes. *Metal Finishing* [online]. 2010, **108**(11-12), 133-149 [cit. 2022-04-18]. ISSN 00260576. Dostupné z: doi:10.1016/S0026-0576(10)80224-7
- [15] PEŠEK, Libor. Porovnání vhodnosti aplikace jednotlivých systémů stříkání. *Povrchové úpravy*. Praha: PRESS AGENCY, 2015, **18**(3), 17-19. ISSN 0551-7354.
- [16] JENČÍK, Josef. Airless aplikace pro povrchové úpravy v oblasti stavebnictví. *Povrchové úpravy*. Praha: PRESS AGENCY, 2009, **12**(1), 81-82. ISSN 0551-7354.
- [17] RUPP, Joel, Eric GUFFEY a Gary JACOBSEN. Electrostatic spray processes. *Metal Finishing* [online]. 2010, **108**(11-12), 150-163 [cit. 2022-04-18]. ISSN 00260576. Dostupné z: doi:10.1016/S0026-0576(10)80225-9
- [18] MERLO, Lisa E. Electrocoating. *Metal Finishing* [online]. 2010, **108**(11-12), 171-175 [cit. 2022-04-17]. ISSN 00260576. Dostupné z: doi:10.1016/S0026-0576(10)80227-2
- [19] JONES, Thomas C. Dip coating. *Metal Finishing* [online]. 2010, **108**(11-12), 130-132 [cit. 2022-04-17]. ISSN 00260576. Dostupné z: doi:10.1016/S0026-0576(10)80223-5
- [20] KUDLÁČEK, Jan a Petr CHÁBERA. Vyhodnocování čistoty povrchu. *MM Průmyslové spektrum* [online]. Praha: MM publishing, s.r.o., 2013, (5) [cit. 2022-04-18]. ISSN 1212-2572. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/vyhodnocovani-cistoty-povrchu>
- [21] Arcotest - fixy a inkousty. In: *Proinex Instruments, s.r.o.* [online]. [cit. 2022-04-18]. Dostupné z: <https://www.proinex.cz/cs/61-arcotest-fixy-a-inkousty.html>
- [22] KUDLÁČEK, Jan. Luminescence method – instrument used for detection of surface cleanliness. *Tehnicki vjesnik-Technical Gazette* [online]. 2015, **22**(4), 1051-1055 [cit. 2022-04-21]. ISSN 13303651. Dostupné z: doi:10.17559/TV-20131210084814
- [23] ZOUBEK, Michal, Andreas KOPŘIVA a Petr CHÁBERA. Efektivní způsob volby odmašťovacího prostředku. *MM Průmyslové spektrum* [online]. Praha: MM publishing, s.r.o., 2015, (12) [cit. 2022-04-21]. ISSN 1212-2572. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/efektivni-zpusob-volby-odmastovaciho-prostredku>
- [24] Použití. In: *Recognoil®* [online]. [cit. 2022-04-21]. Dostupné z: <https://recognoil.techtest.eu/index.html#use>

- [25] ČSN EN ISO 8503-1. *Příprava ocelových podkladů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků - Charakteristiky drsnosti povrchu otryskaných ocelových podkladů - Část 1: Specifikace a definice pro hodnocení otryskaných povrchů s pomocí ISO komparátorů profilu povrchu.* 2012.
- [26] ČSN EN ISO 8503-2. *Příprava ocelových podkladů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků - Charakteristiky drsnosti povrchu otryskaných ocelových podkladů - Část 2: Hodnocení profilu povrchu otryskané oceli komparátorem.* 2012.
- [27] ISO komparátor - etalon drsnosti. In: *Proinex Instruments, s.r.o.* [online]. [cit. 2022-07-22]. Dostupné z: <https://www.proinex.cz/cs/76-iso-komparator-etalon-drsnosti.html>
- [28] Měření drsnosti povrchu. In: *Proinex Instruments, s.r.o.* [online]. [cit. 2022-07-11]. Dostupné z: https://www.proinex.cz/cs/blog/10_mereni-drsnosti-povrchu
- [29] Parametry drsnosti. In: *HOMMEL CS s.r.o.* [online]. [cit. 2022-08-01]. Dostupné z: <https://www.jenoptik.cz/cz/technicke-informace/drsnost-povrchu-dle-din-en-iso/>
- [30] Odtrhová zkouška (pull-off test) - zkouška přilnavosti. In: *Proinex Instruments, s.r.o.* [online]. [cit. 2022-06-20]. Dostupné z: https://www.proinex.cz/cs/blog/9_odtrhova-zkouska-prilnavosti
- [31] ČSN EN ISO 4624:2016. *Nátěrové hmoty - Odtrhová zkouška přilnavosti.* 2016.
- [32] POSPÍŠILOVÁ, Michaela a Pavel MEDVEC. Hodnocení kvality povrchových úprav: část IV. - Testování přilnavosti. *Povrchové úpravy.* Praha: PRESS AGENCY, 2015, **18(2)**, 21-24. ISSN 0551-7354.
- [33] ČSN EN ISO 2409:2020. *Nátěrové hmoty - Mřížková zkouška.* 5. vydání. 2020.
- [34] Mřížková zkouška přilnavosti. In: *Proinex Instruments, s.r.o.* [online]. [cit. 2022-06-21]. Dostupné z: https://www.proinex.cz/cs/blog/11_mrzkova-zkouska-prilnavosti
- [35] ČSN EN ISO 16276-2:2008. *Ochrana ocelových konstrukcí proti korozi ochrannými nátěrovými systémy - Hodnocení a kritéria přijetí, adheze/koheze (odtrhová pevnost) povlaku - Část 2: Mřížková zkouška a křížový řez.* 2008.
- [36] Přehled vlastností oceli S235JR (dříve S235JRG2). In: *Bohdan Bolzano* [online]. [cit. 2022-07-12]. Dostupné z: <https://bbolzano.cz/cz/technicka-podpora/technicka-prirucka/tycove-oceli-uhlikove-konstrukcni-a-legovane/nelegovane-konstrukcni-oceli-podle-en-10025/prehled-vlastnosti-oceli-s235jrdrive-s235jrg2>

Seznam tabulek

Tab. č. 1: Zamaštění a prováděné operace na jednotlivých vzorcích.....	46
Tab. č. 2: : Chemické složení v % hmotnosti hotového výrobku [34].....	46
Tab. č. 3: Průměrné počáteční zamaštění vzorků.....	48
Tab. č. 4: Průměrné zamaštění vzorků po odmaštění	51
Tab. č. 5: Zamaštění vzorků po cíleném zamaštění	55
Tab. č. 6: Průměrné hodnoty drsností vzorků	60
Tab. č. 7: Naměřené hodnoty při měření tloušťky vrstev	64
Tab. č. 8: Výsledky mřížkové zkoušky	66
Tab. č. 9: Výsledky odtrhové zkoušky	71

Seznam obrázků

Obr. č. 1: Schematické zobrazení způsobů omílání: a) odstředivé, b) rotační, c) vibrační [5] .	16
Obr. č. 2: Schéma stabilního pracoviště pneumatického otryskávání [5]	17
Obr. č. 3: Korund [8]	18
Obr. č. 4: Ocelový granulát [8].....	18
Obr. č. 5: Ocelová drť [8]	18
Obr. č. 6: Schéma emulgace mastnoty na povrchu kovu odmašťovacím roztokem [10]	21
Obr. č. 7: Princip moření v kyselině sírové [5]	25
Obr. č. 8: Stříkáč RS 10 [14].....	30
Obr. č. 9: Vzduchová pistole pro nástřik v elektrostatickém poli [16]	31
Obr. č. 10: Schéma navalovacího stroje [1]	34
Obr. č. 11: Inkousty od společnosti Arcotest pro měření povrchového napětí [foto autor] ...	35
Obr. č. 12: Zařízení pro měření stupně zamaštění postřikovou metodou [9].....	36
Obr. č. 13: Snímek zamaštění povrchu kapkou oleje [foto autor]	37
Obr. č. 14: Přístroj Recognoil 2W od společnosti TechTest, s.r.o. [foto autor].....	38
Obr. č. 15: ISO komparátor - etalon drsnosti [28]	39
Obr. č. 16: Drsnoměr Mitutoyo SJ-210 [foto autor]	39
Obr. č. 17: Největší výška profilu drsnosti [30]	40
Obr. č. 18: Průměrná aritmetická odchylka profilu drsnosti [29].....	40
Obr. č. 19: Průměrná kvadratická odchylka profilu drsnosti.....	40
Obr. č. 20: Hydraulický odtrhoměr Elcometer 510 [foto autor]	41
Obr. č. 21: Příklad jednotlivých vrstev [33]	42
Obr. č. 22: Hodnotící tabulka mřížkové zkoušky [33]	43
Obr. č. 23: Hodnocení výsledků křížového řezu [36].....	44
Obr. č. 24: Použitý vzorek [foto autor]	45
Obr. č. 25: Poloha čtyř míst měření zamaštění přístrojem Recognoil.....	48
Obr. č. 26: Graf počátečního zamaštění vzorků	49
Obr. č. 27: Ultrazvukové odmašťování [foto autor]	50
Obr. č. 28: Graf zamaštění vzorků po odmaštění	52
Obr. č. 29: Sestava pro zamaštění vzorků [foto autor].....	54
Obr. č. 30: Graf zamaštění vzorků po zamaštění.....	56
Obr. č. 31: Měření povrchového napětí inkousty [foto autor].....	57

Obr. č. 32: Graf povrchového napětí vzorků naměřeného inkousty.....	58
Obr. č. 33: Poloha deseti míst měření drsnosti povrchu.....	59
Obr. č. 34: Měření drsnosti povrchu drsnoměrem [foto autor]	60
Obr. č. 35: Aplikace nátěrové hmoty [foto autor]	62
Obr. č. 36: Měření tloušťky nátěru digitálním tloušťkoměrem [foto autor].....	63
Obr. č. 37: Průběh mřížkové zkoušky [foto autor]	65
Obr. č. 38: Lepení odtrhových tělísek [foto autor].....	67
Obr. č. 39: Řezání nátěru řezákem [foto autor]	68
Obr. č. 40: Průběh odtrhové zkoušky [foto autor]	69
Obr. č. 41: Výsledek odtrhů na vzorku 10 [foto autor]	69
Obr. č. 42: Graf odtrhových napětí.....	72

Seznam příloh

Příloha A – Snímky počátečního zamaštění vzorků

Příloha B – Snímky zamaštění vzorků po odmaštění

Příloha C – Snímky zamaštění vzorků po zamaštění

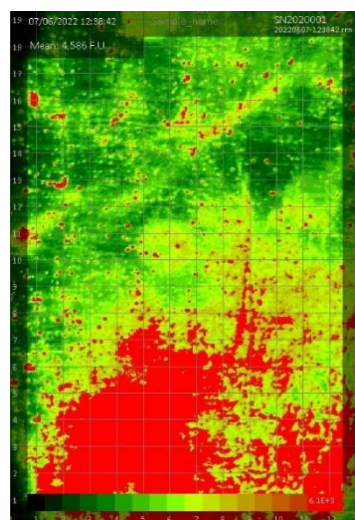
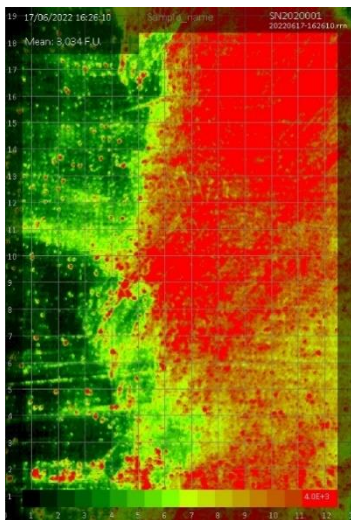
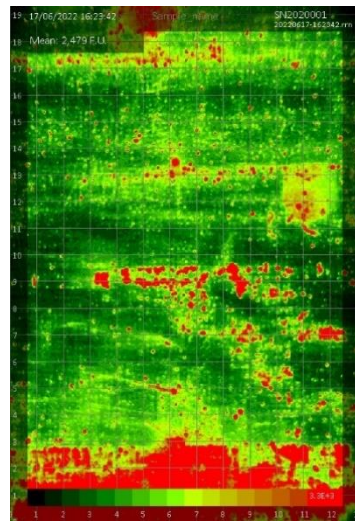
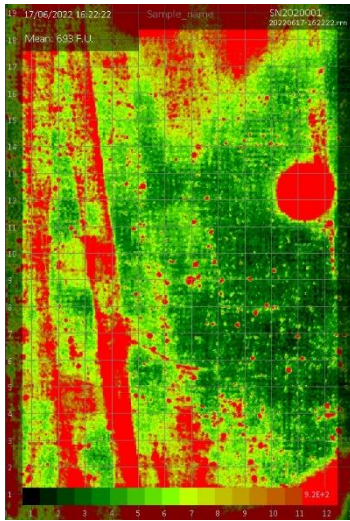
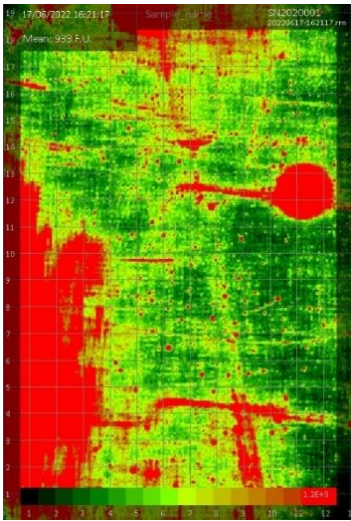
Příloha D – Výsledky měření drsnosti povrchu drsnoměrem

Příloha E – Snímky z měření mřížkovou zkouškou

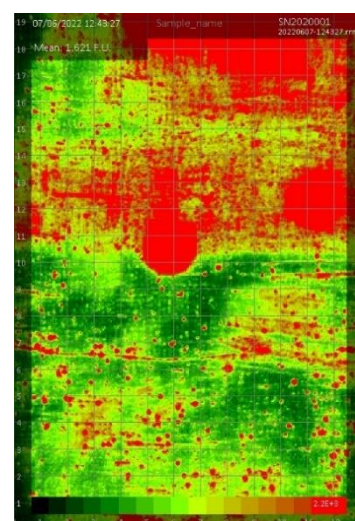
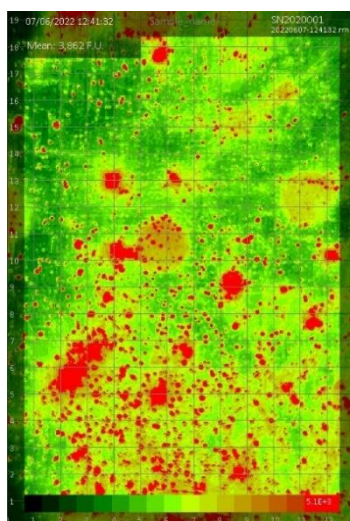
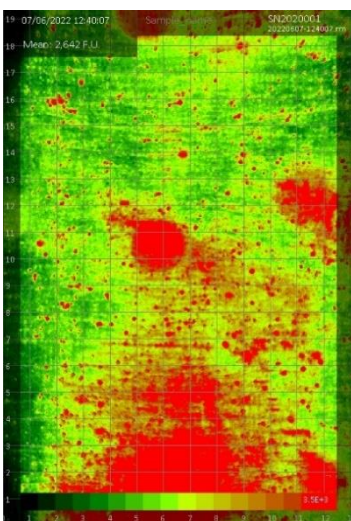
Příloha F – Snímky z měření odtrhovou zkouškou

Příloha A – Snímky počátečního zamaštění vzorků

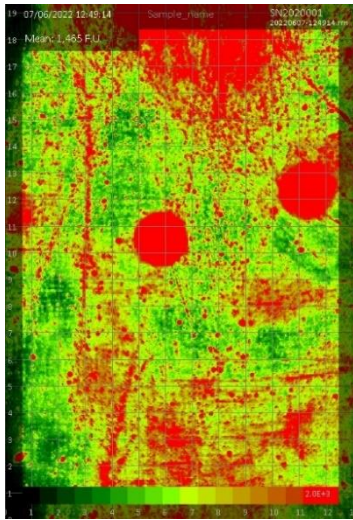
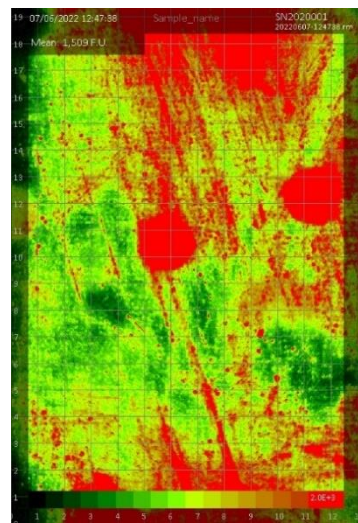
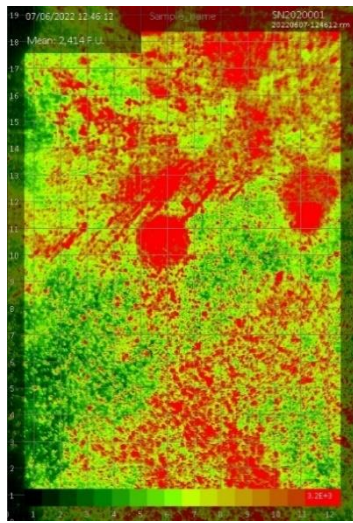
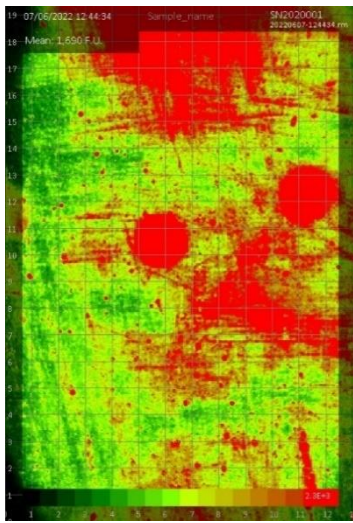
Vzorek 1:



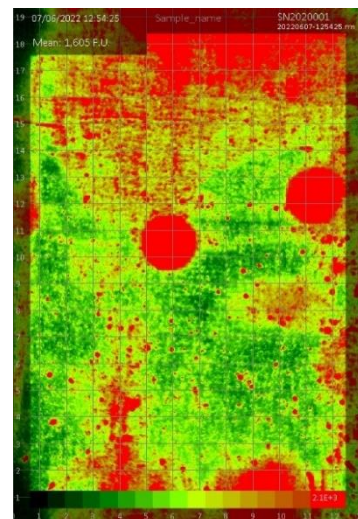
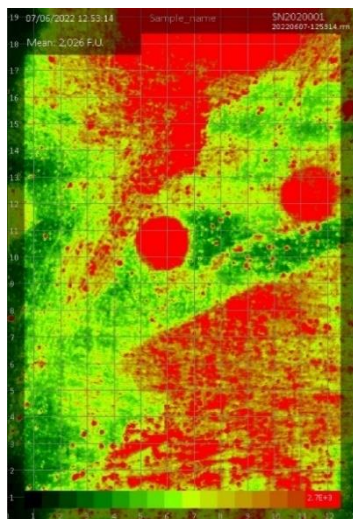
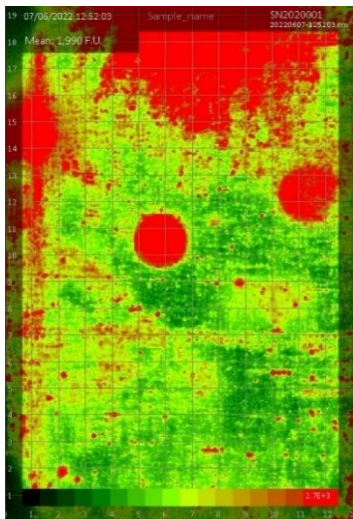
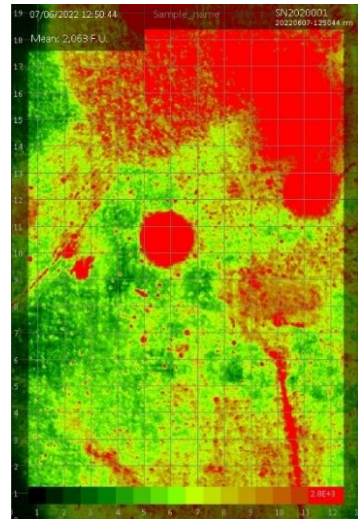
Vzorek 2:



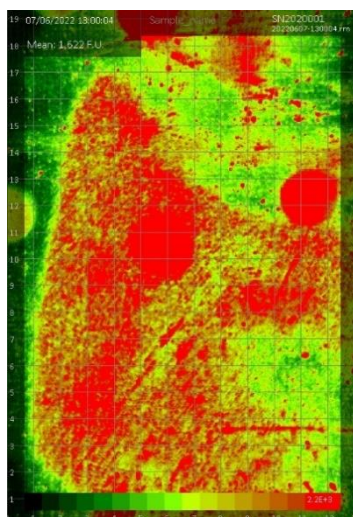
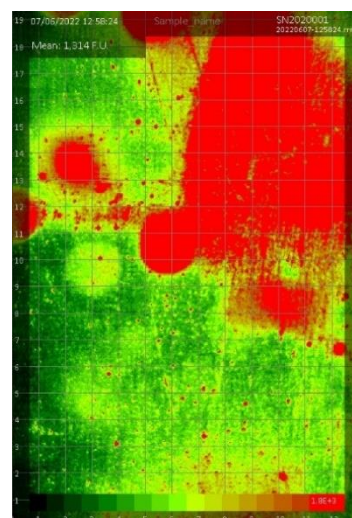
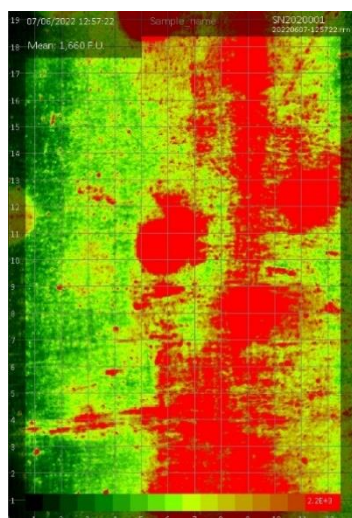
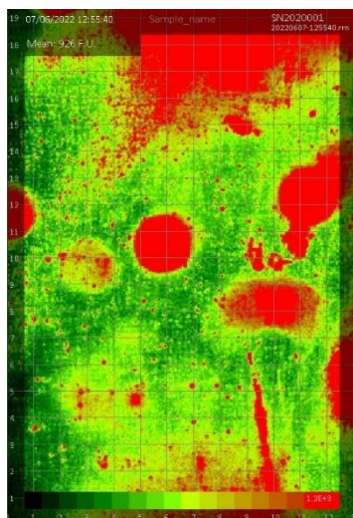
Vzorek 3:



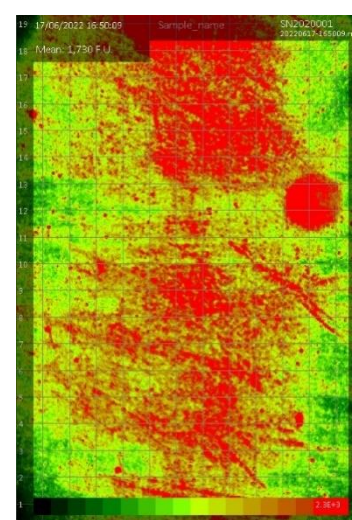
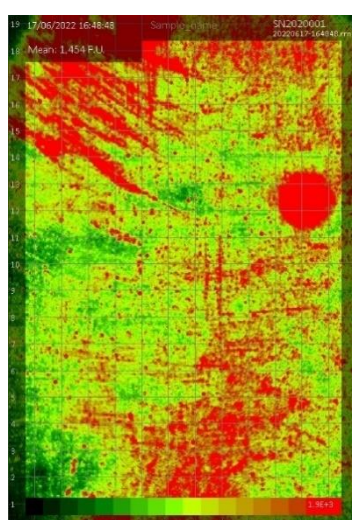
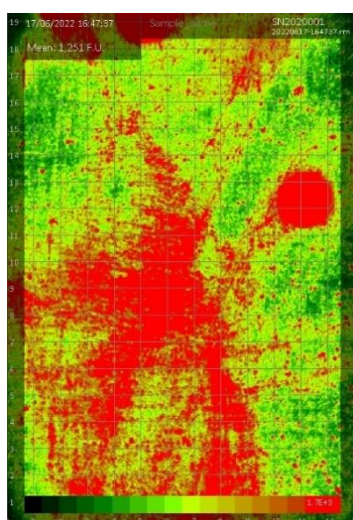
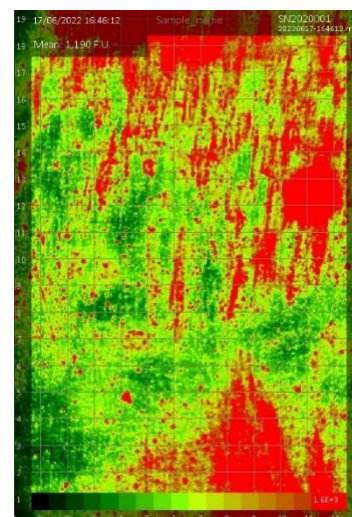
Vzorek 4:



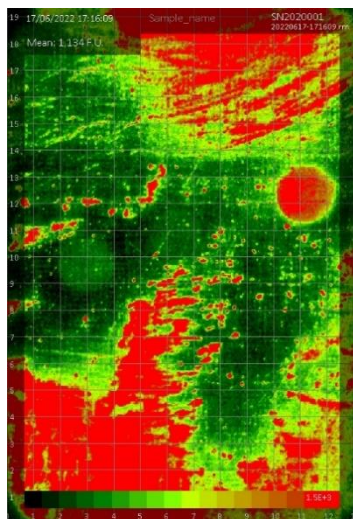
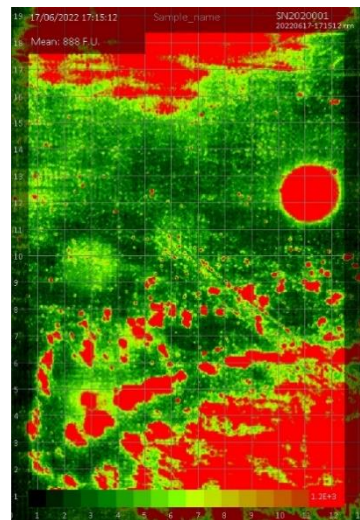
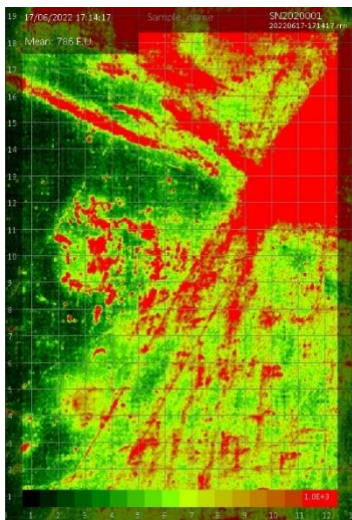
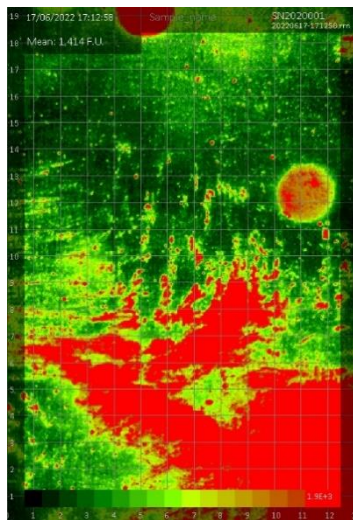
Vzorek 5:



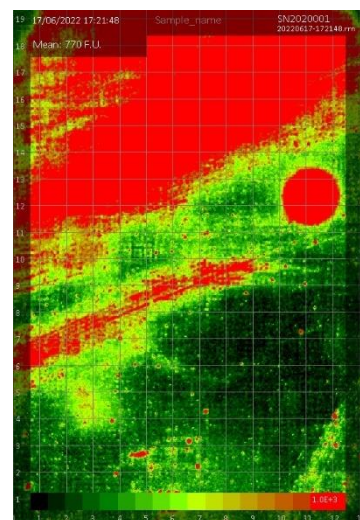
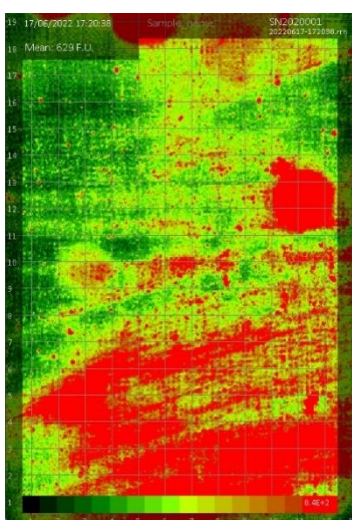
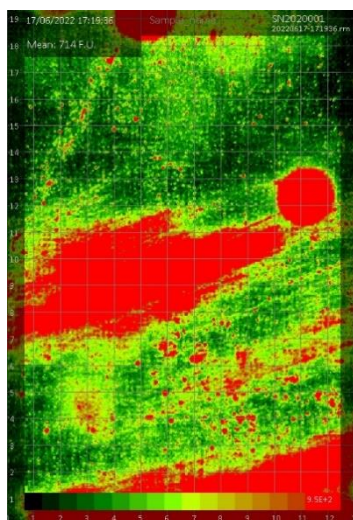
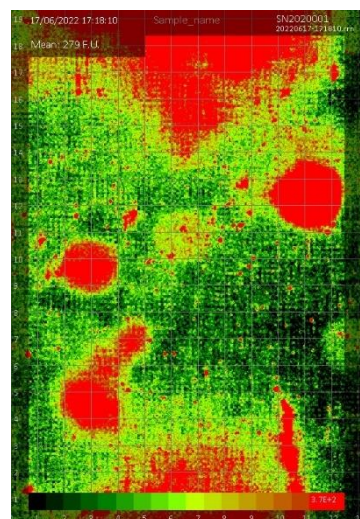
Vzorek 6:



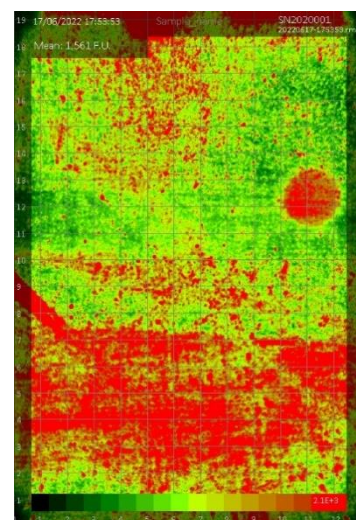
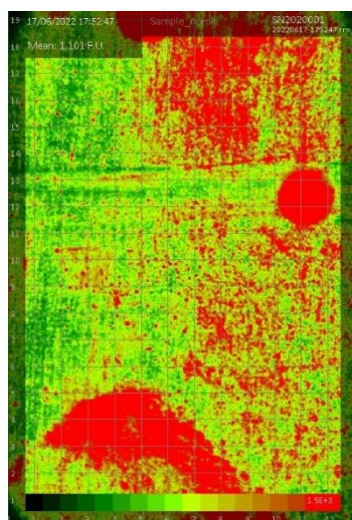
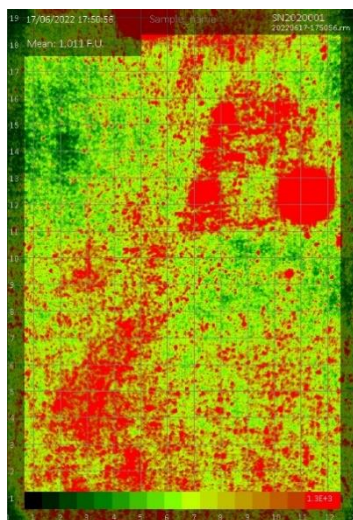
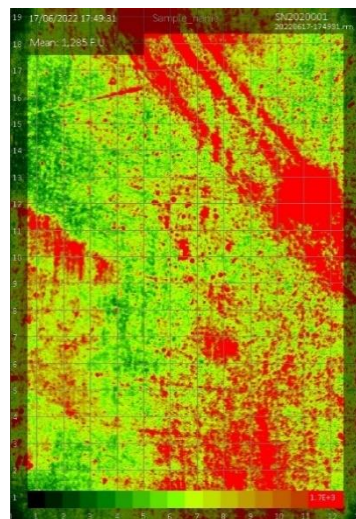
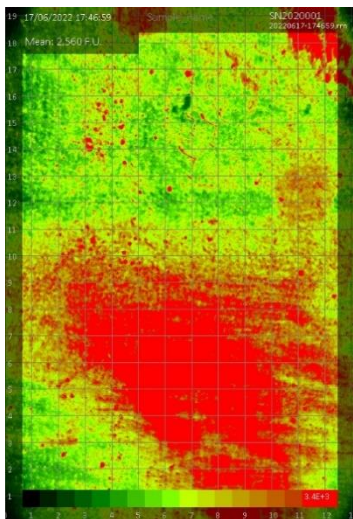
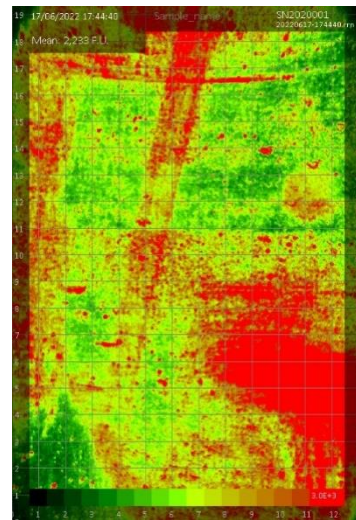
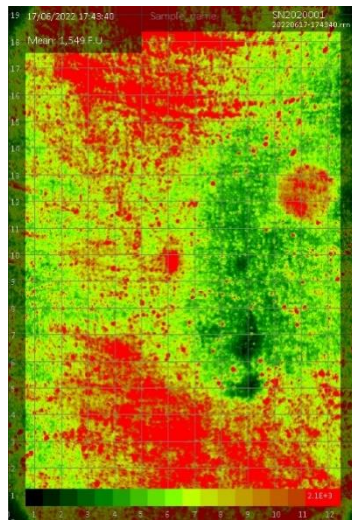
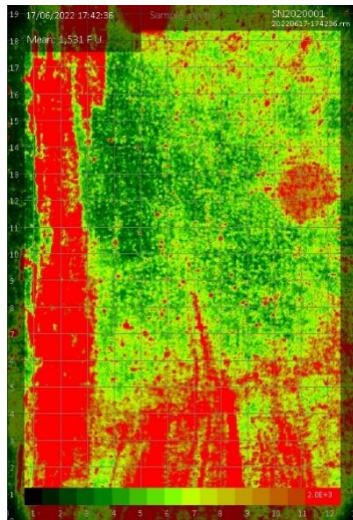
Vzorek 7:



Vzorek 8:

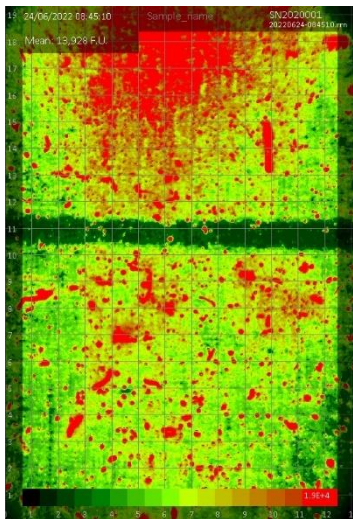
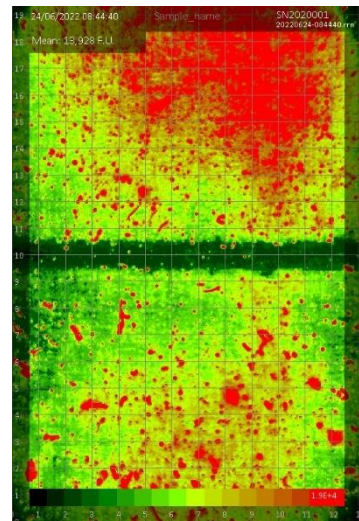
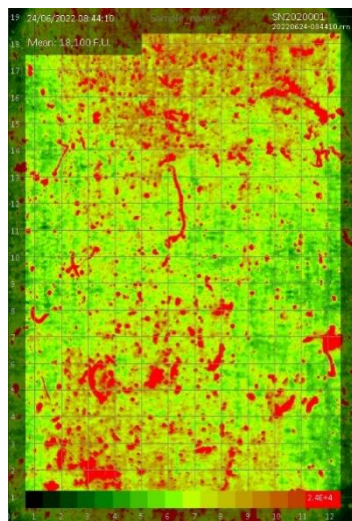
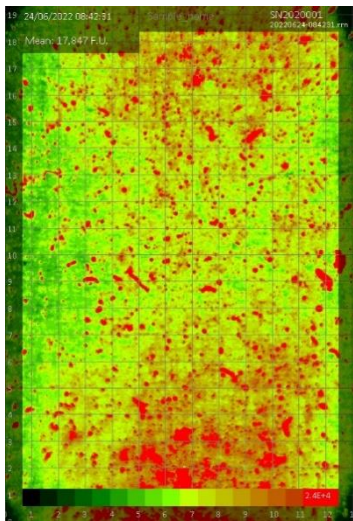


Vzorek 9:

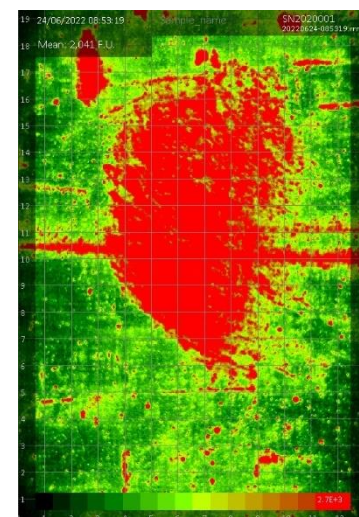
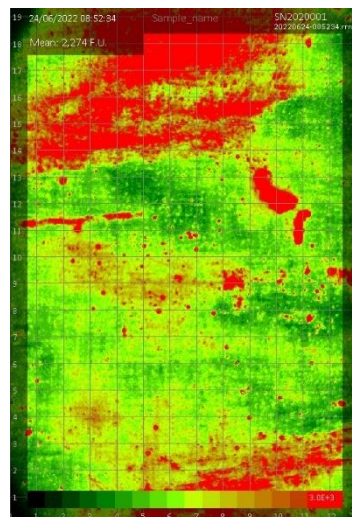
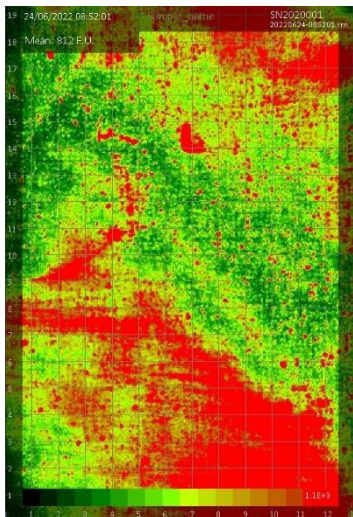
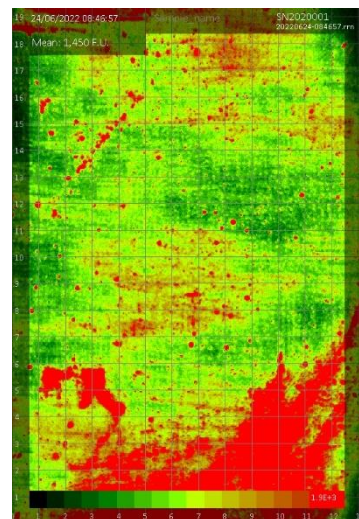


Vzorek 10:

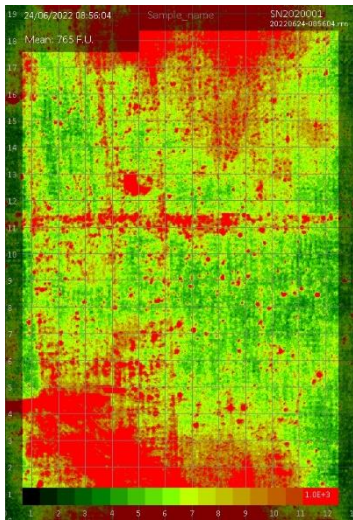
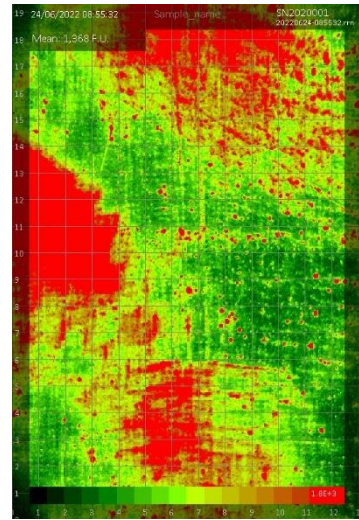
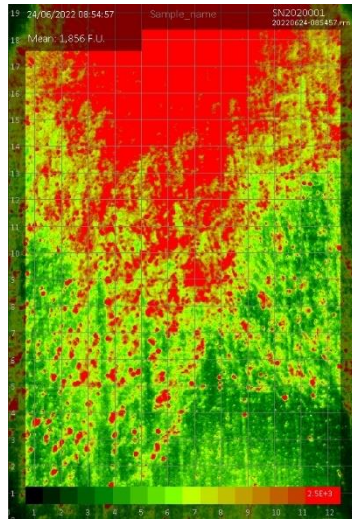
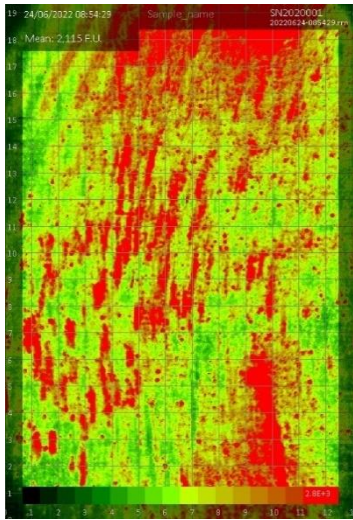
Vzorek 11:



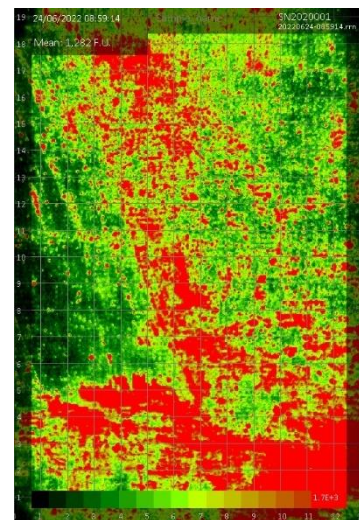
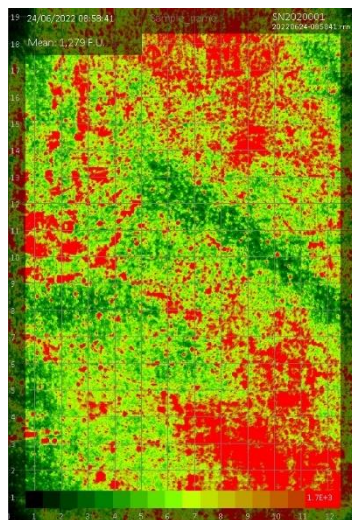
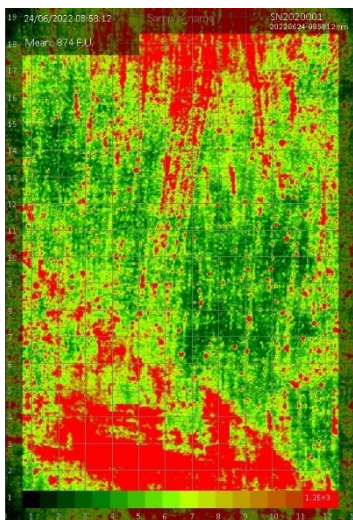
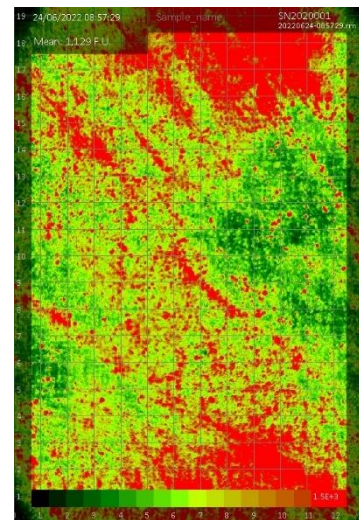
Vzorek 12:



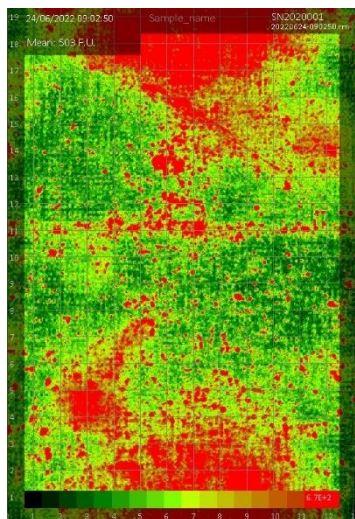
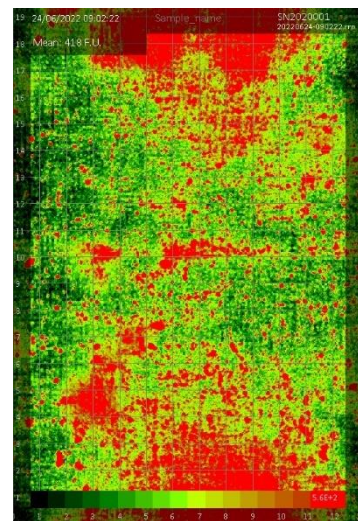
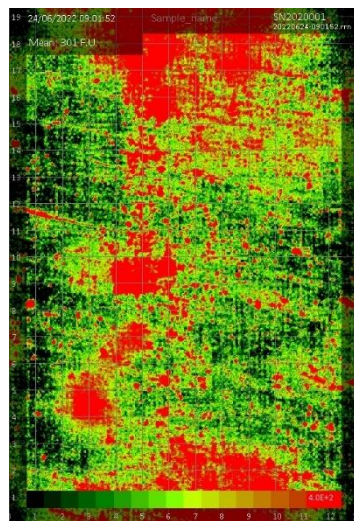
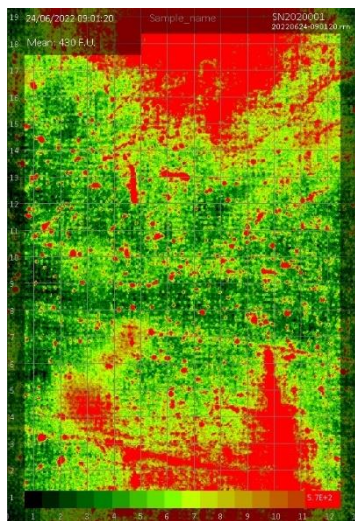
Vzorek 13:



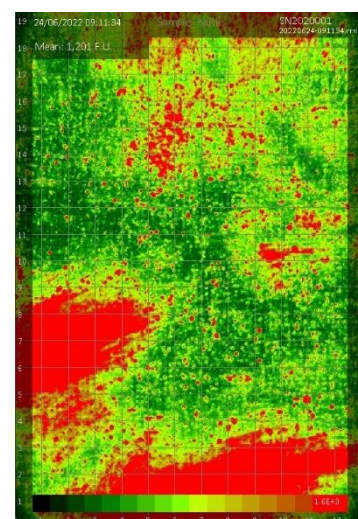
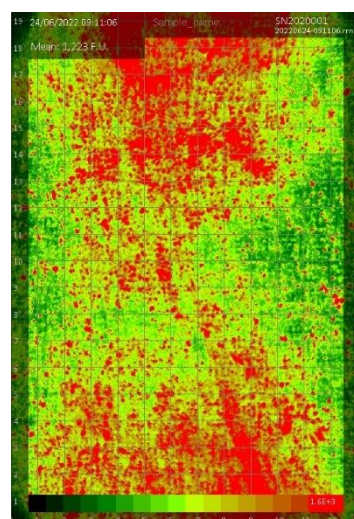
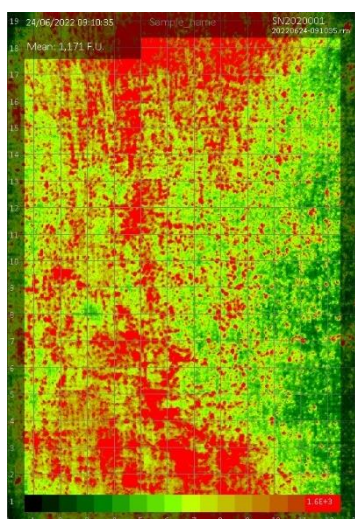
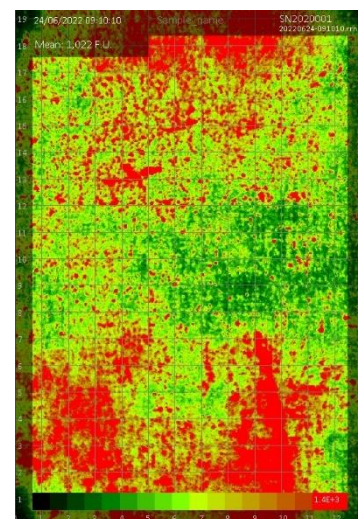
Vzorek 14:



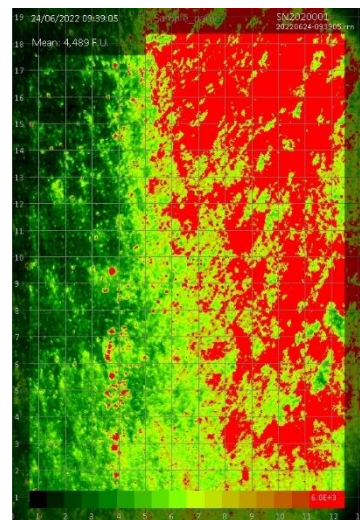
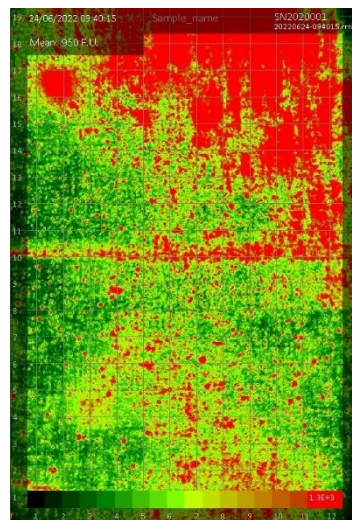
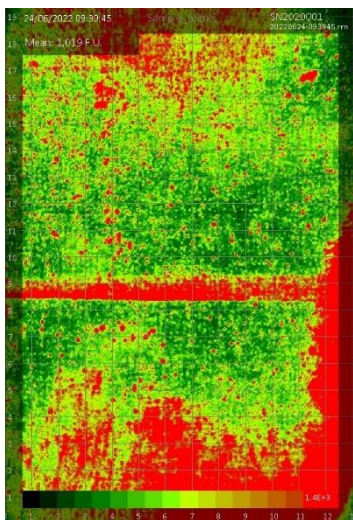
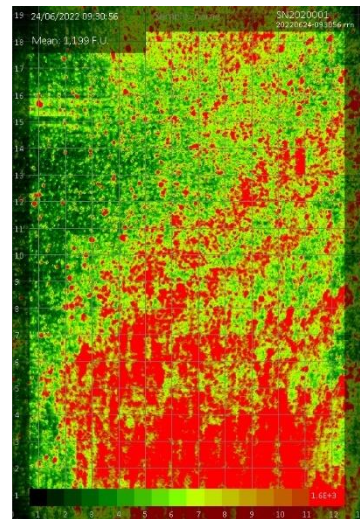
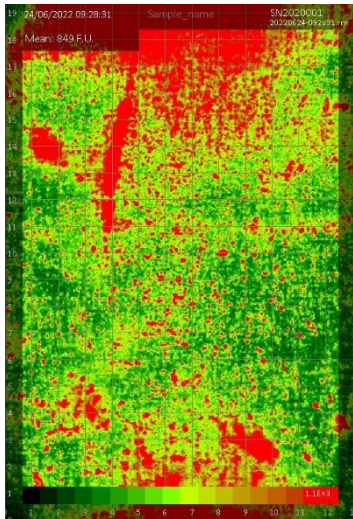
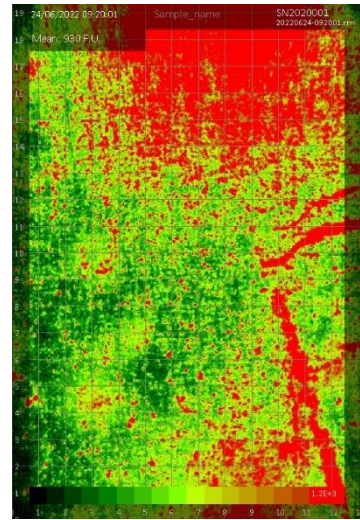
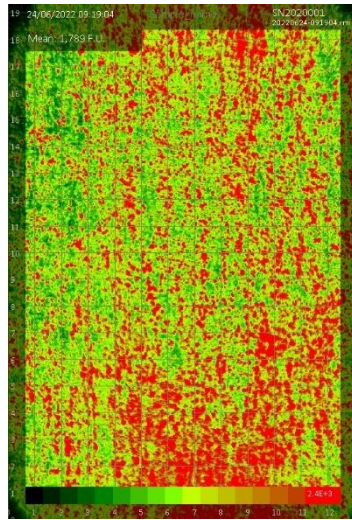
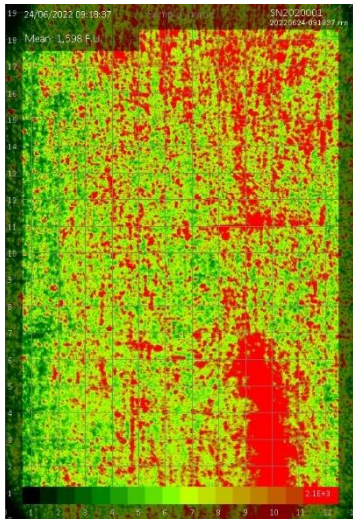
Vzorek 15:



Vzorek 16:

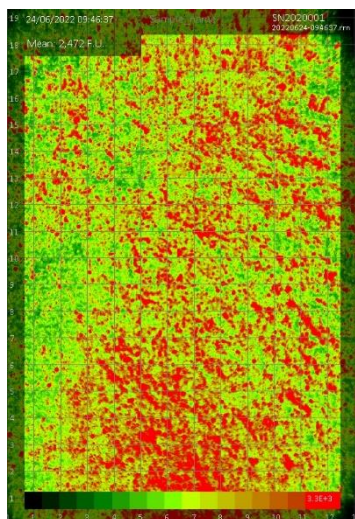
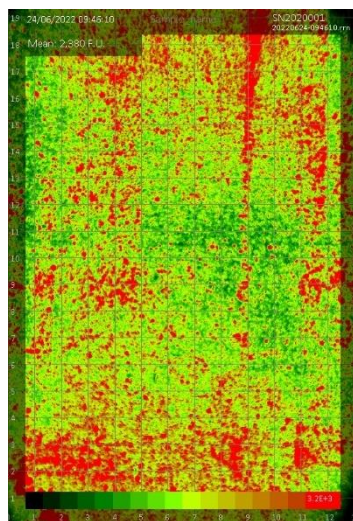
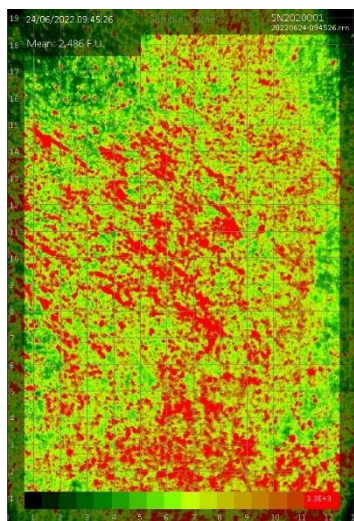
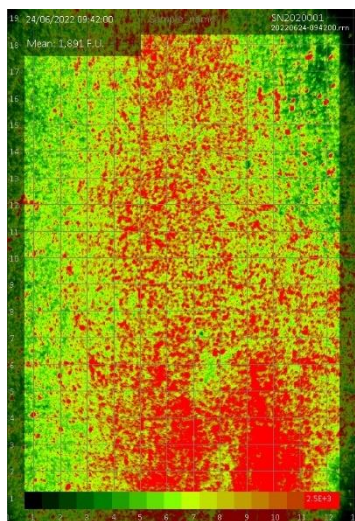


Vzorek 17:

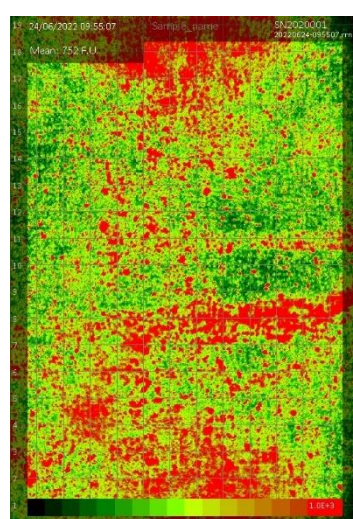
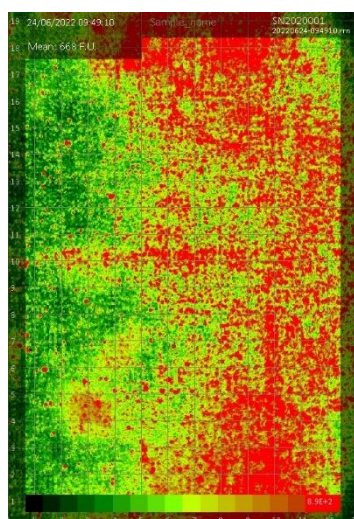
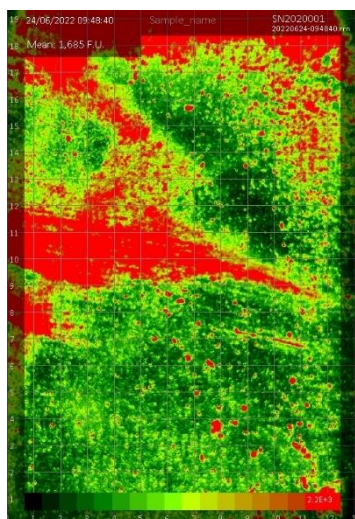
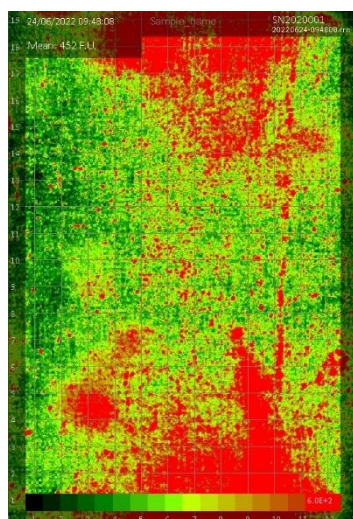


Vzorek 18:

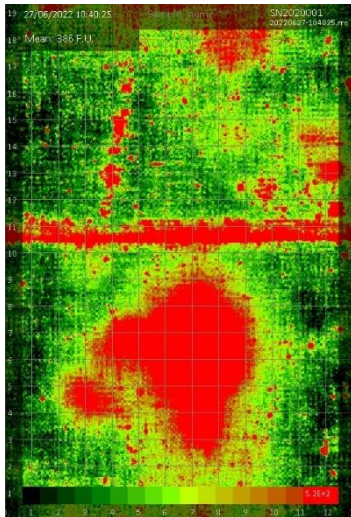
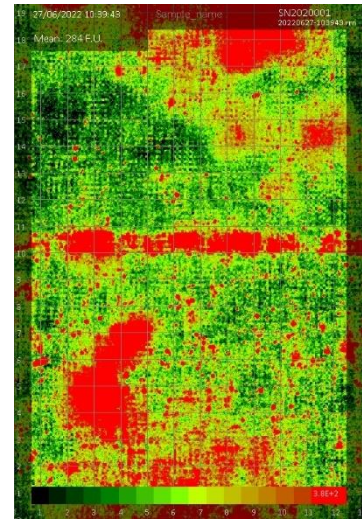
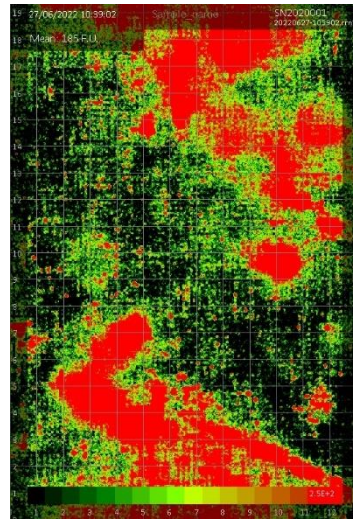
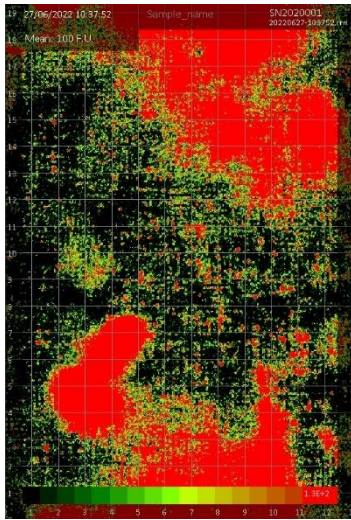
Vzorek 19:



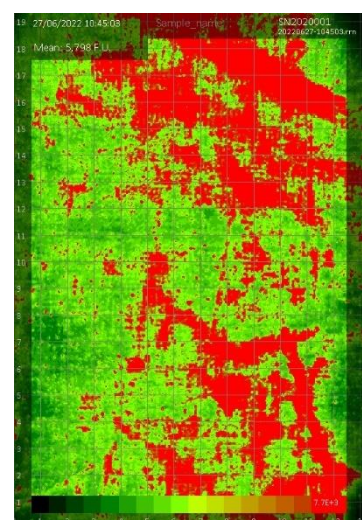
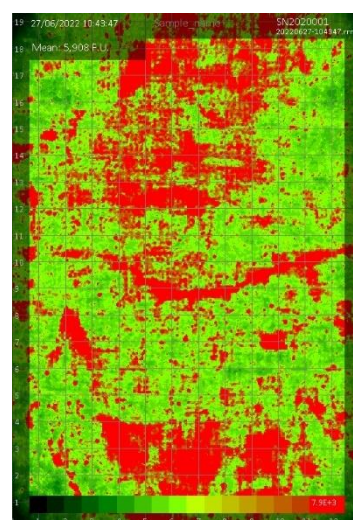
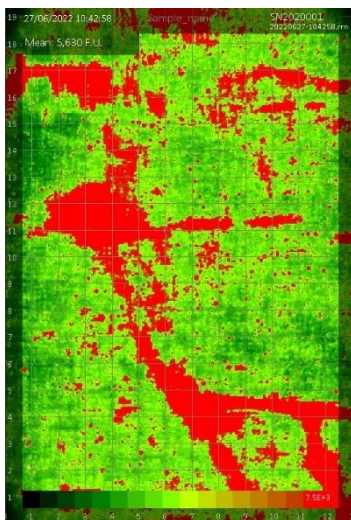
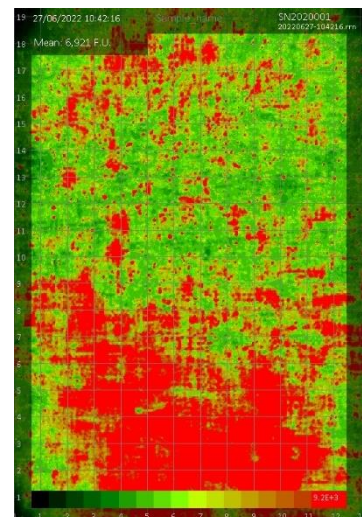
Vzorek 20:



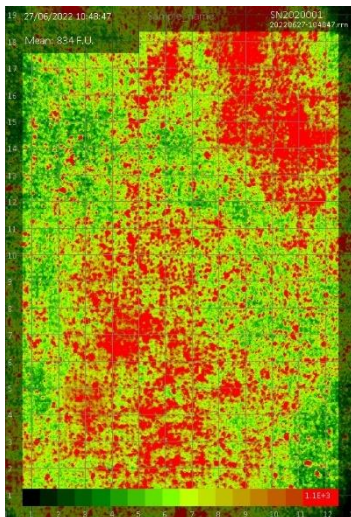
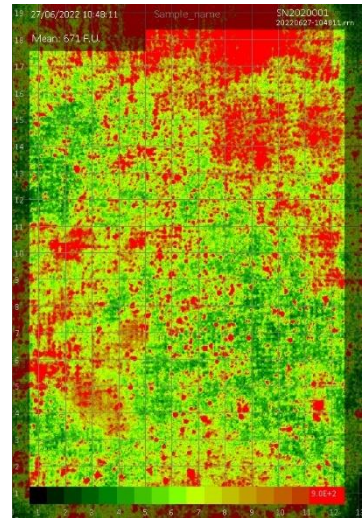
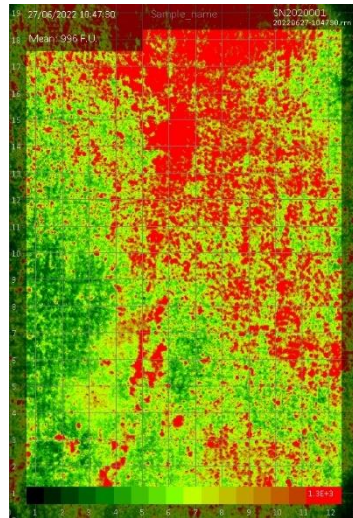
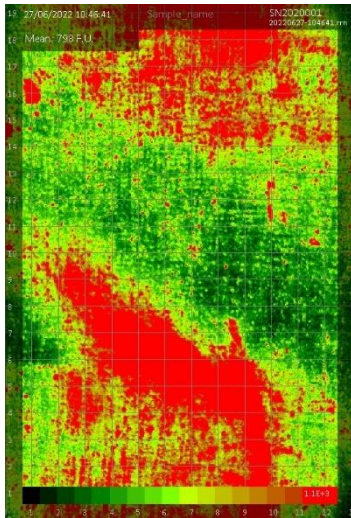
Vzorek 21:



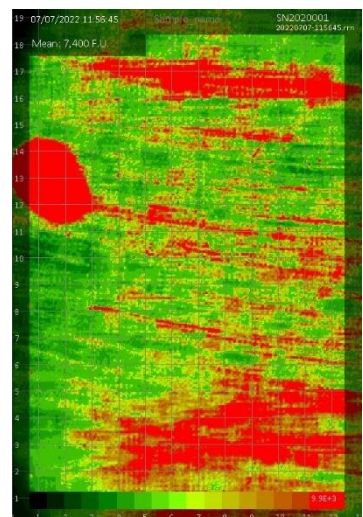
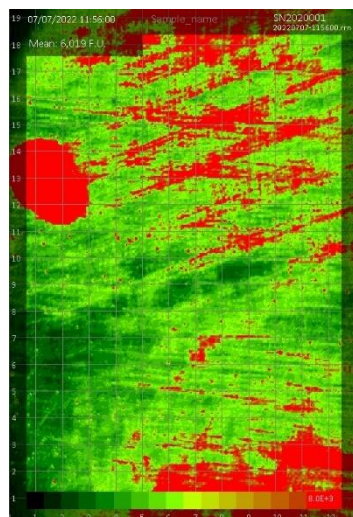
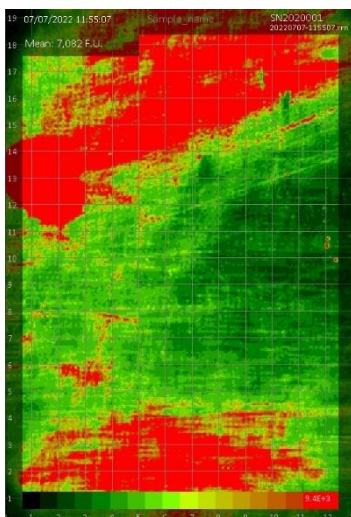
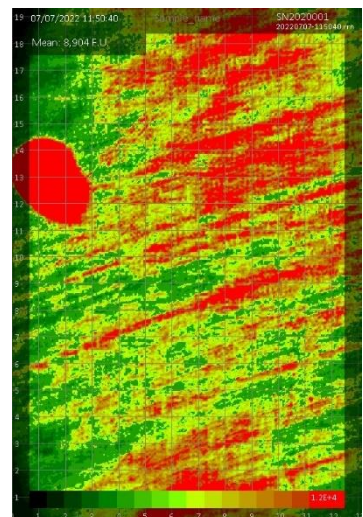
Vzorek 22:



Vzorek 23:

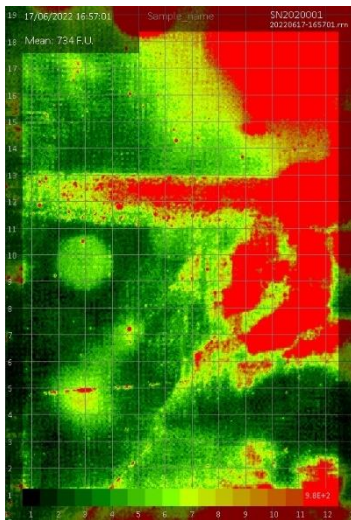
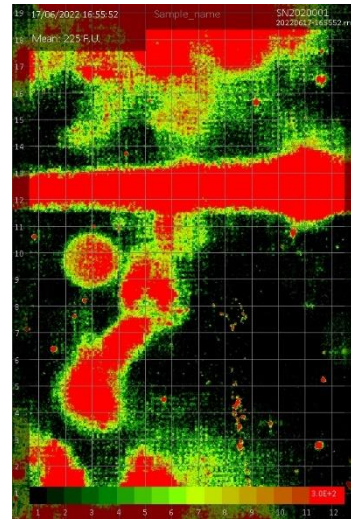
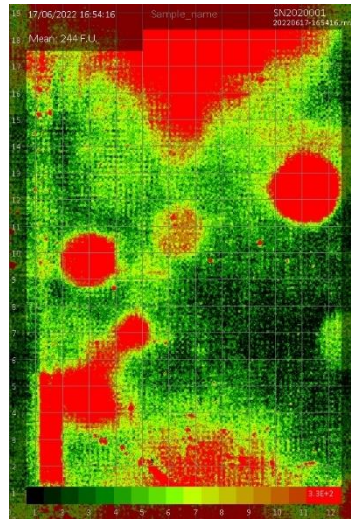
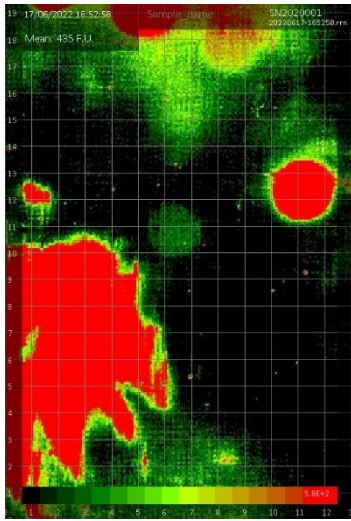


Vzorek 24:

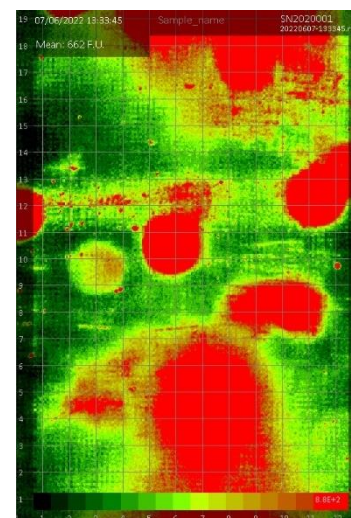
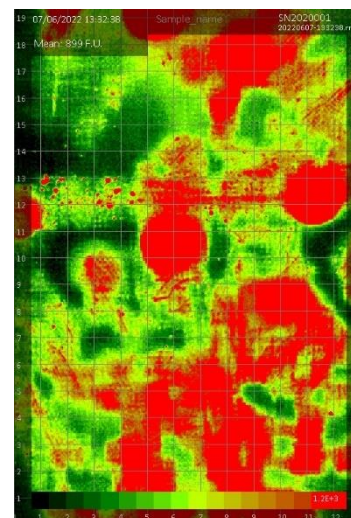
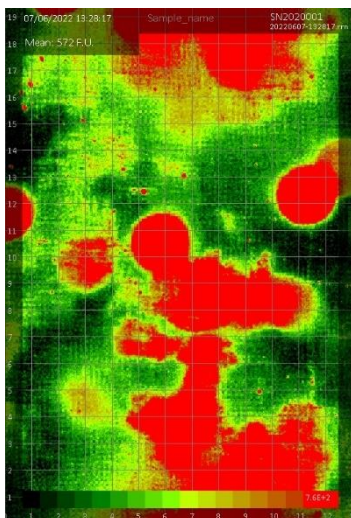
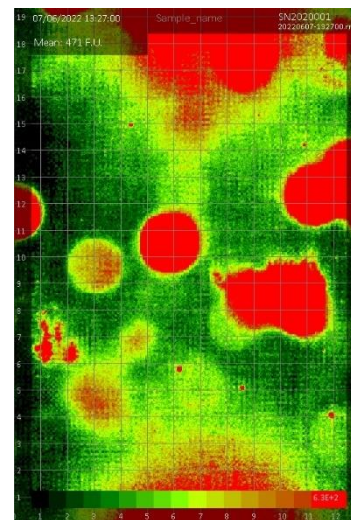


Příloha B – Snímky zamaštění vzorků po odmaštění

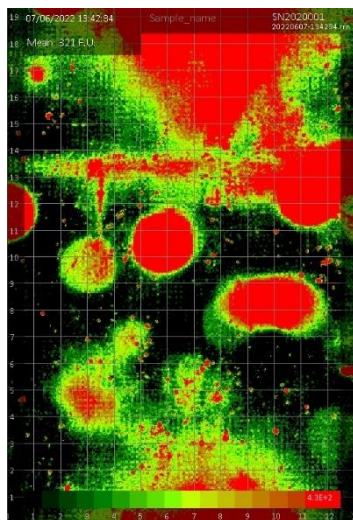
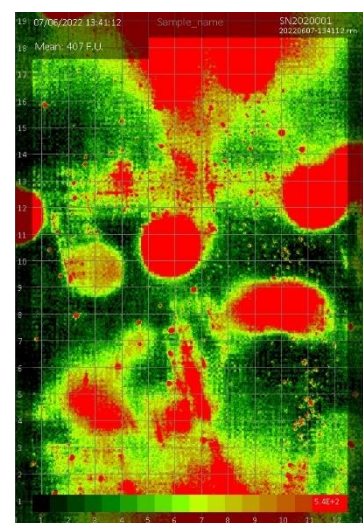
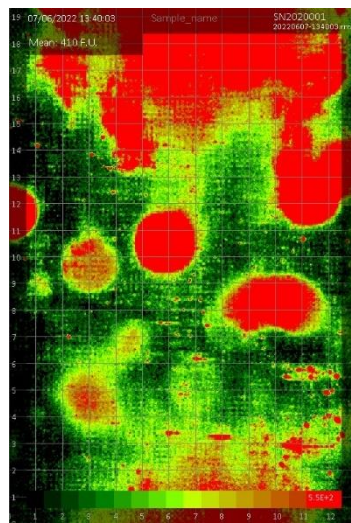
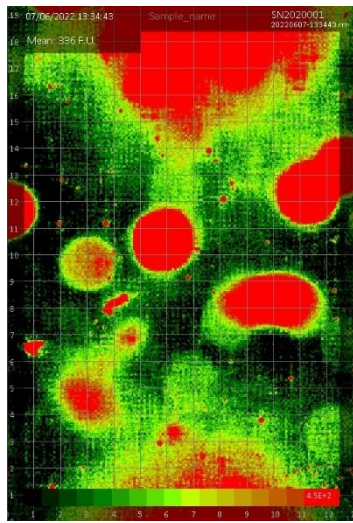
Vzorek 1:



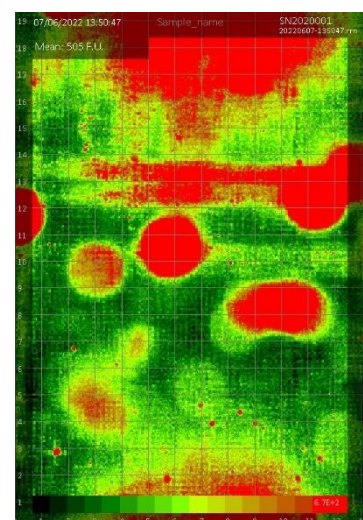
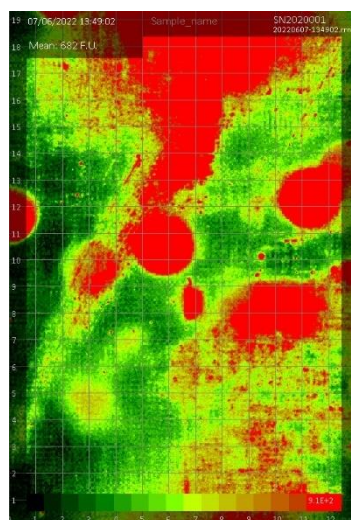
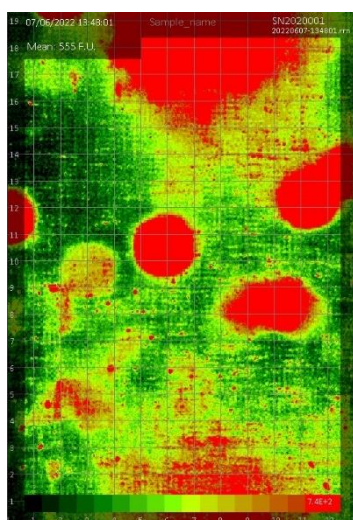
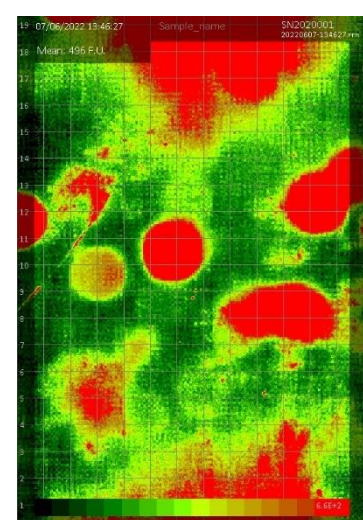
Vzorek 2:



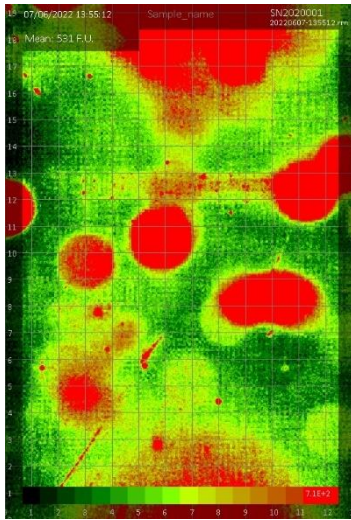
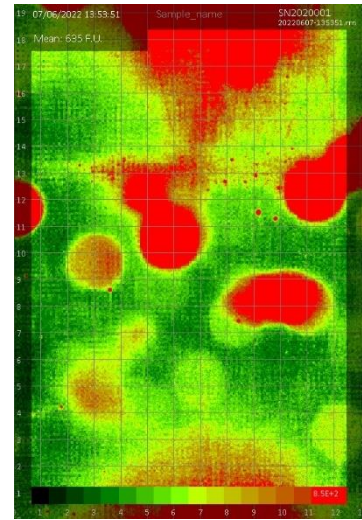
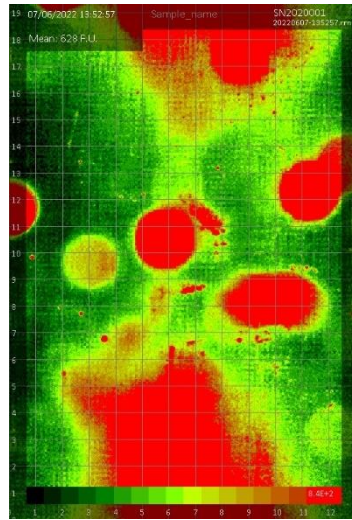
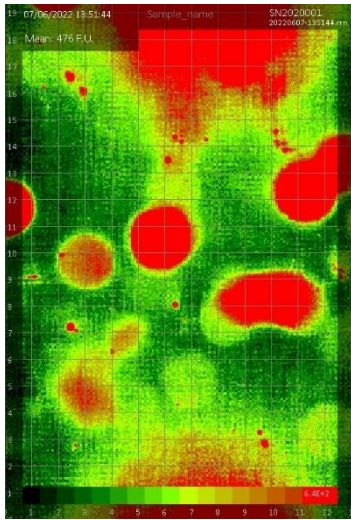
Vzorek 3:



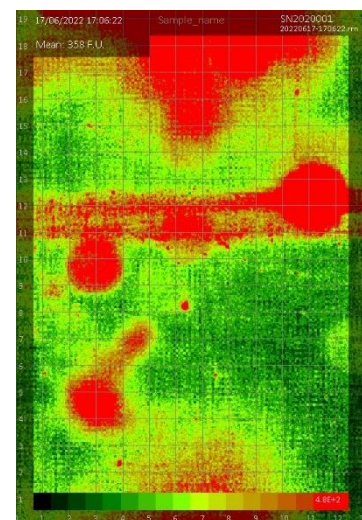
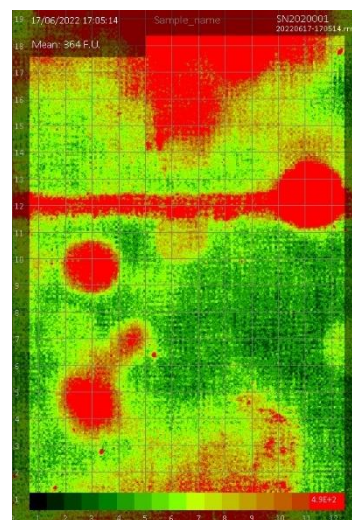
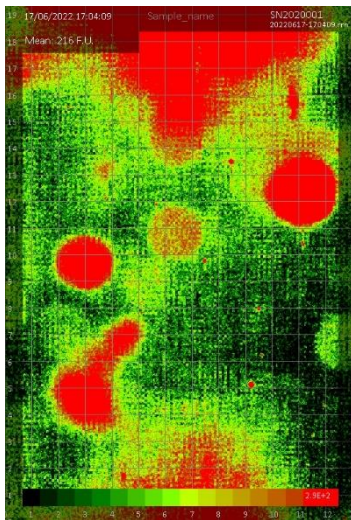
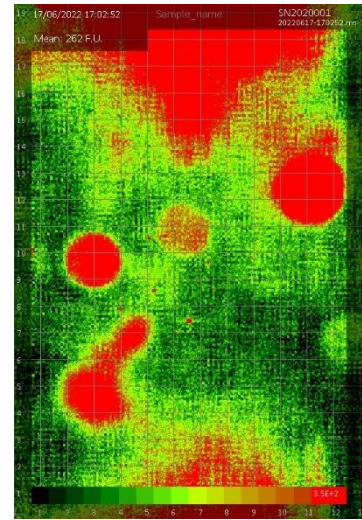
Vzorek 4:



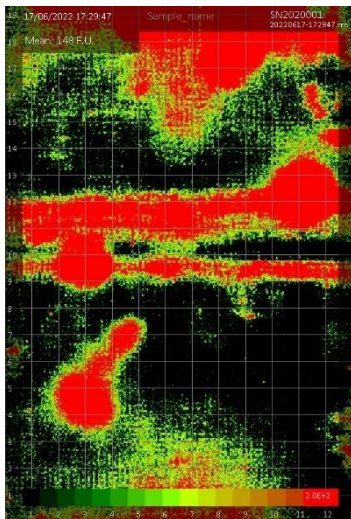
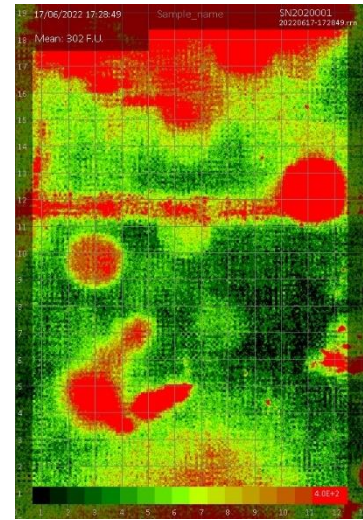
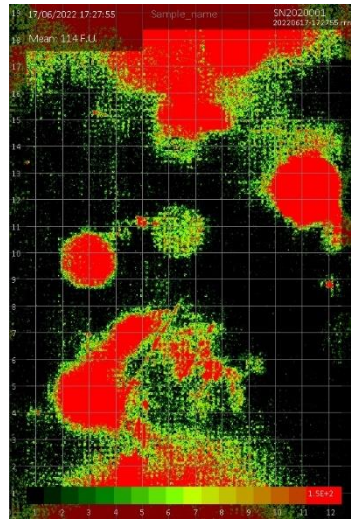
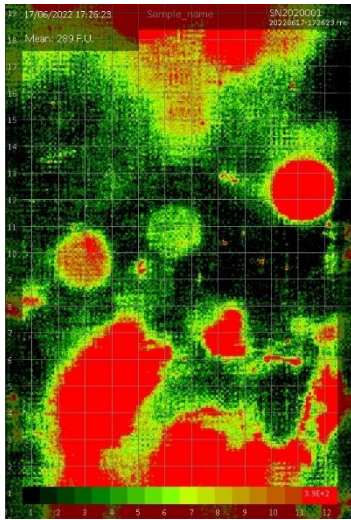
Vzorek 5:



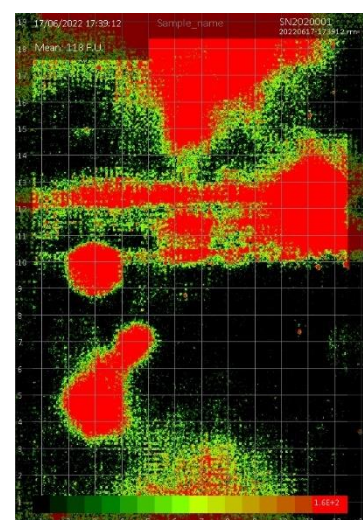
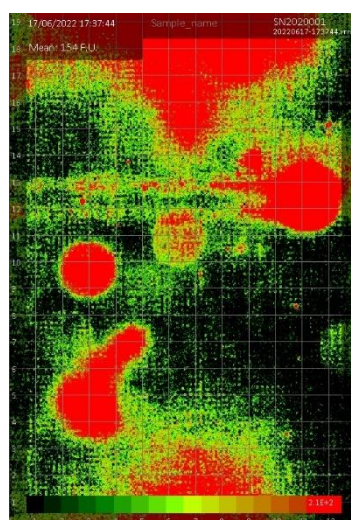
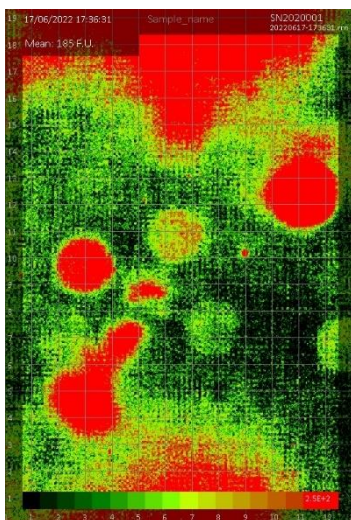
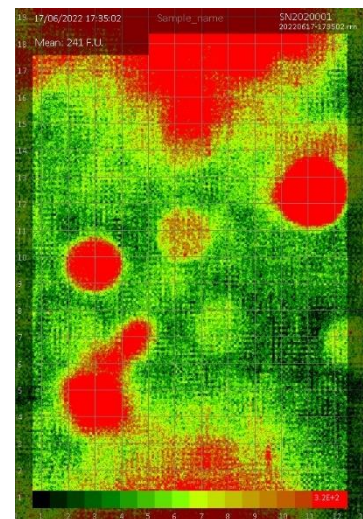
Vzorek 6:



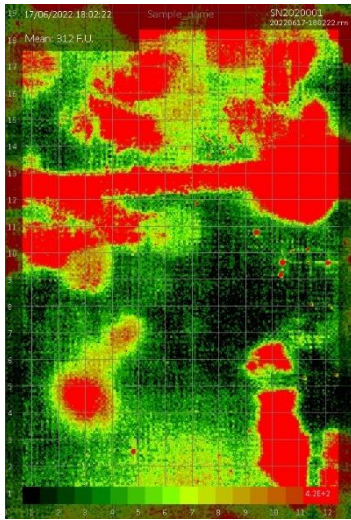
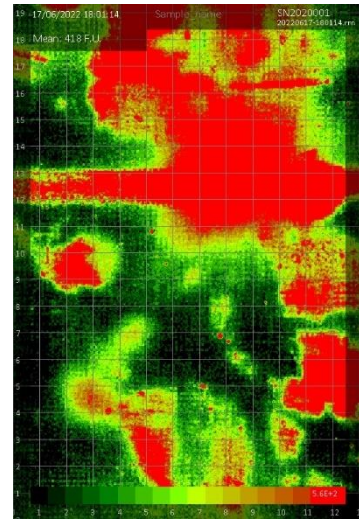
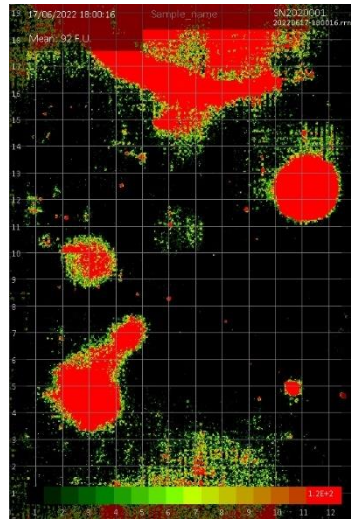
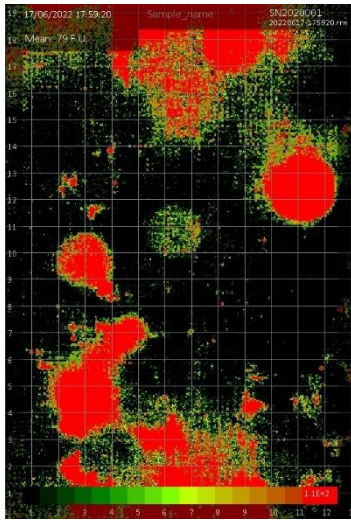
Vzorek 7:



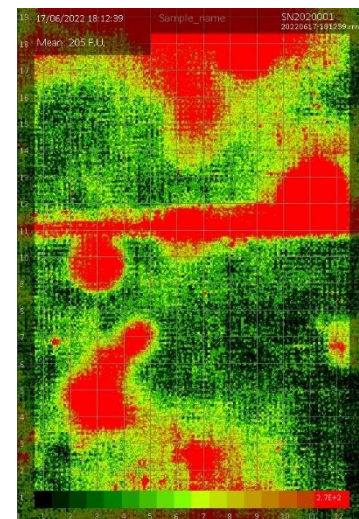
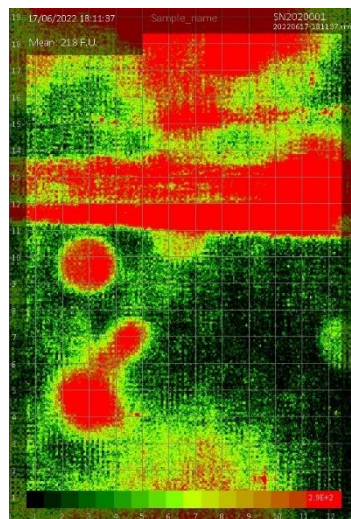
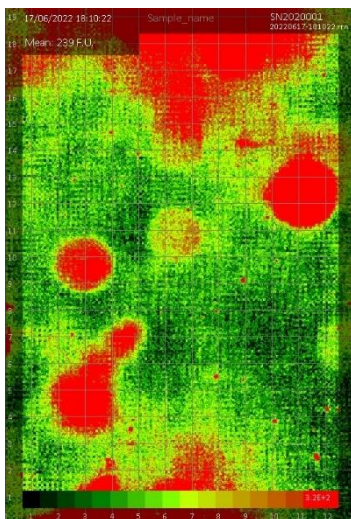
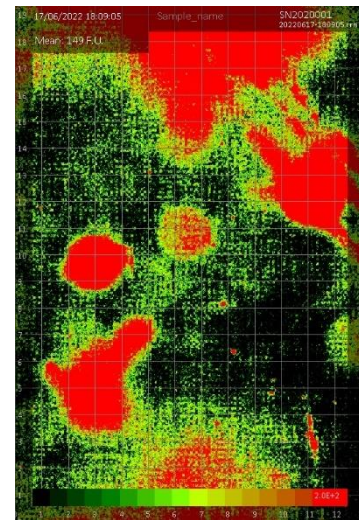
Vzorek 8:



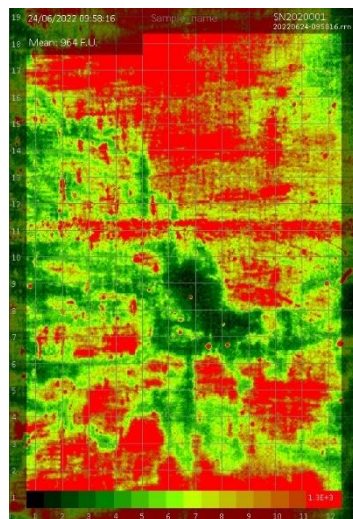
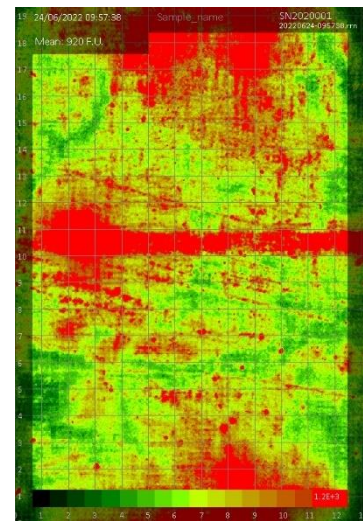
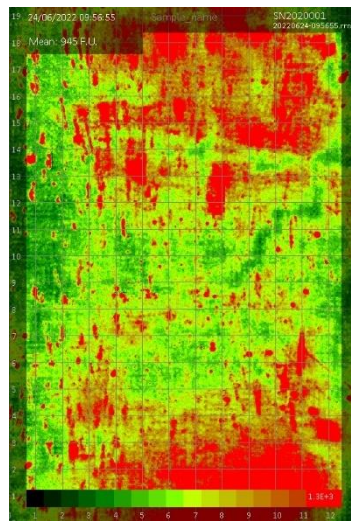
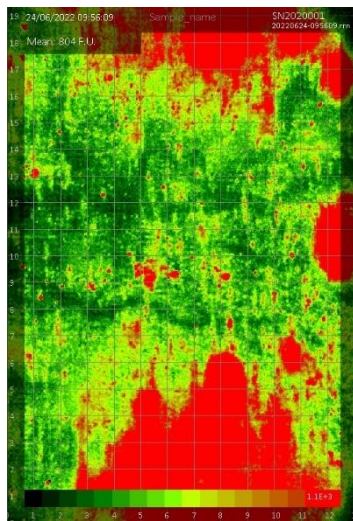
Vzorek 9:



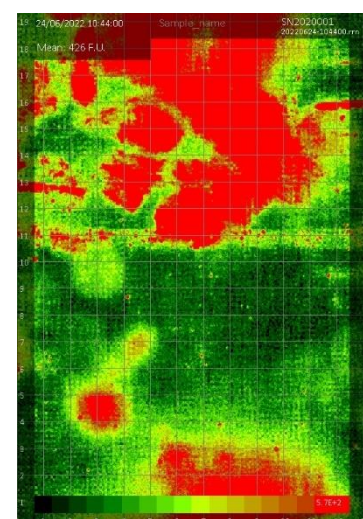
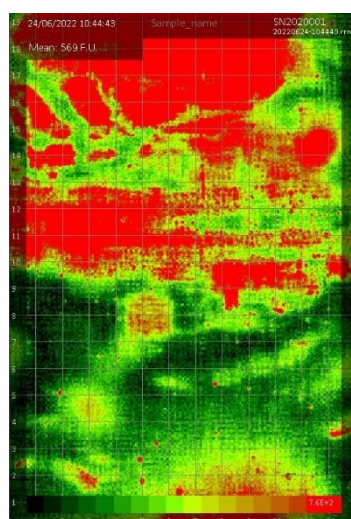
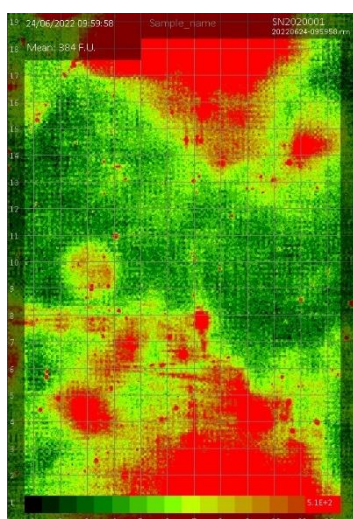
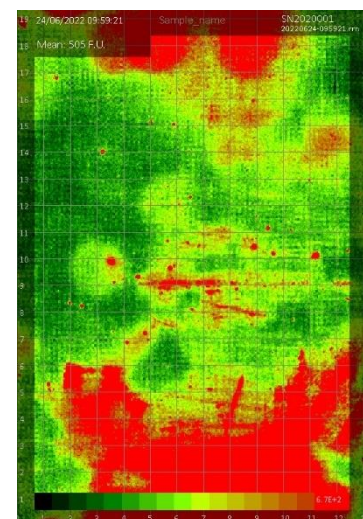
Vzorek 10:



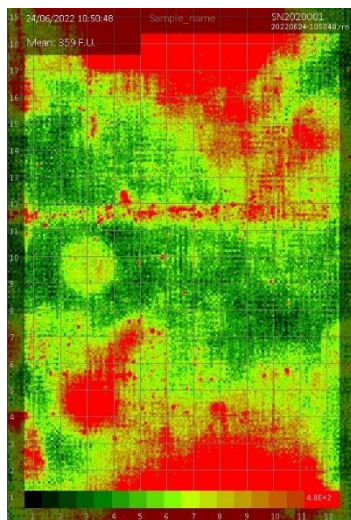
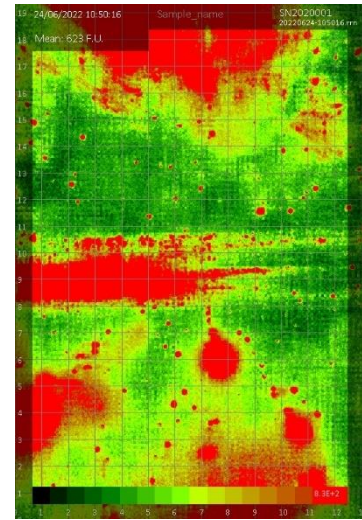
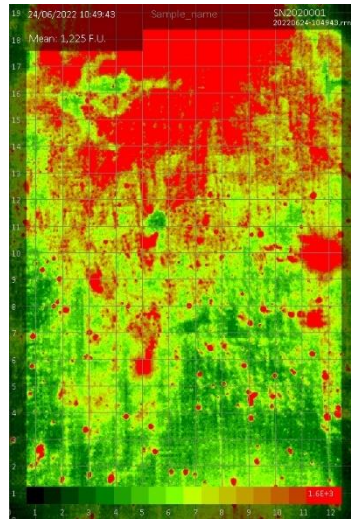
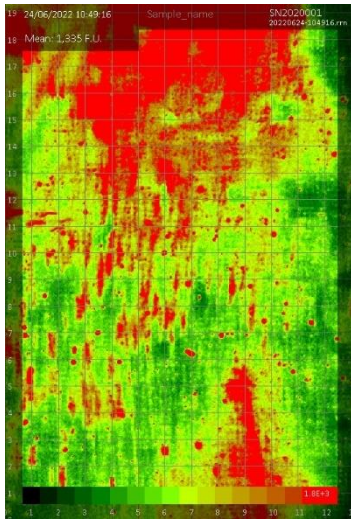
Vzorek 11:



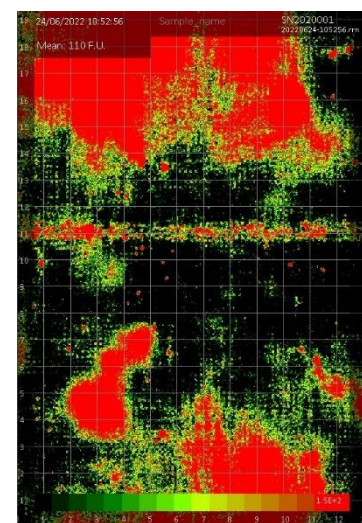
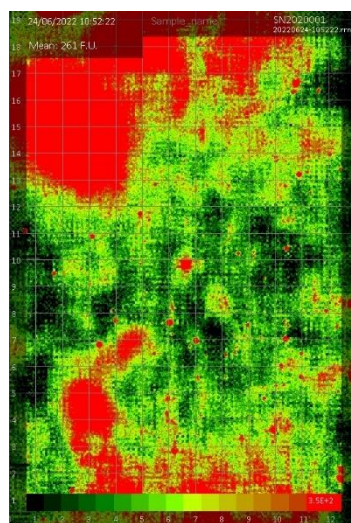
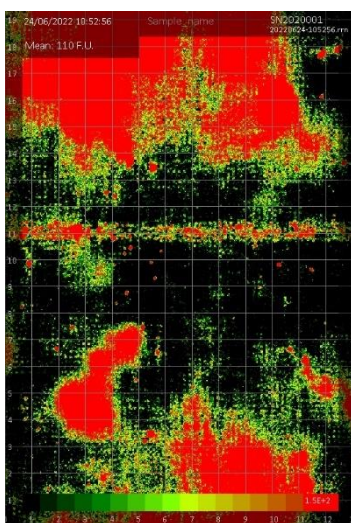
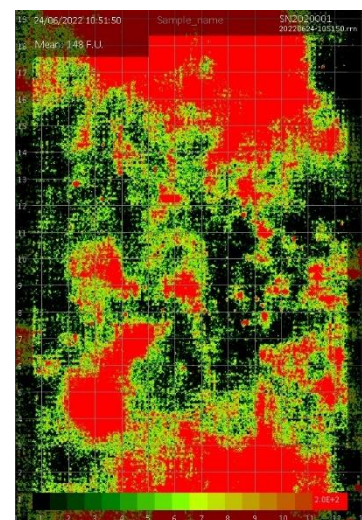
Vzorek 12:



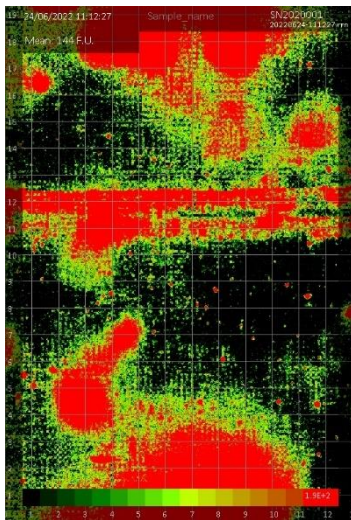
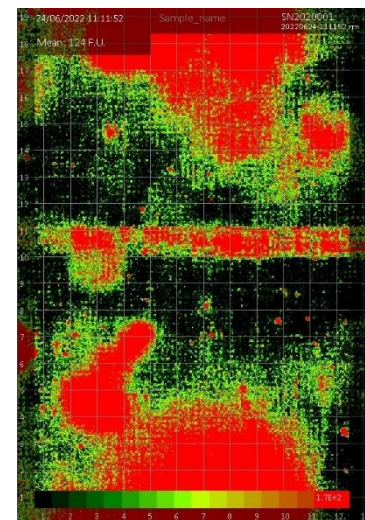
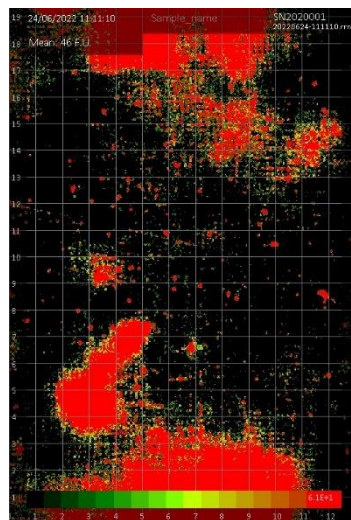
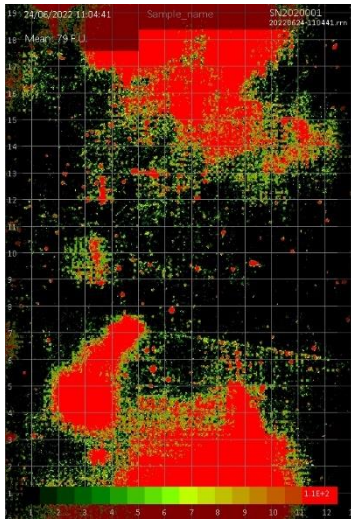
Vzorek 13:



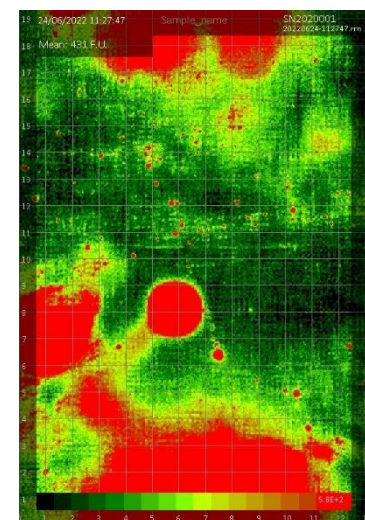
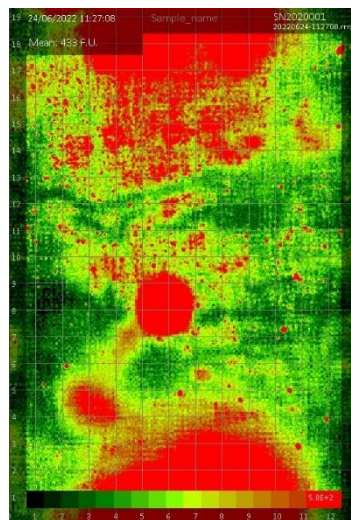
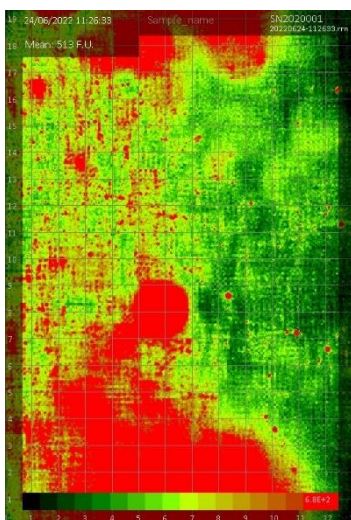
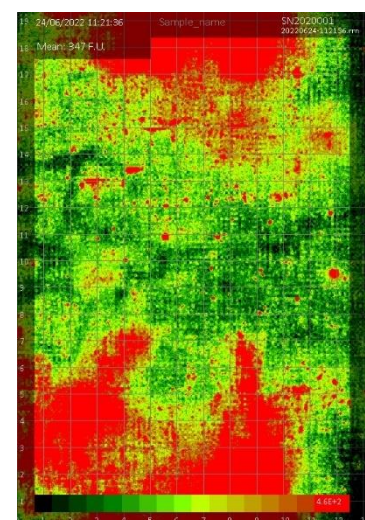
Vzorek 14:



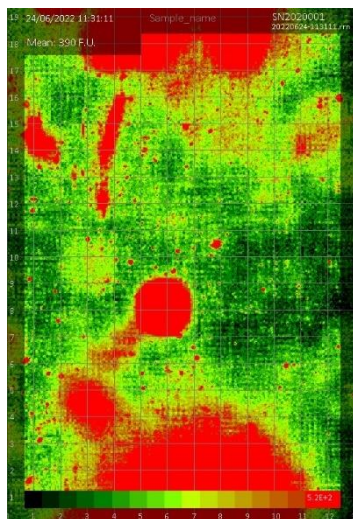
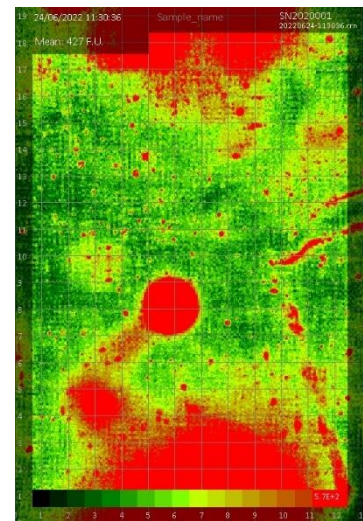
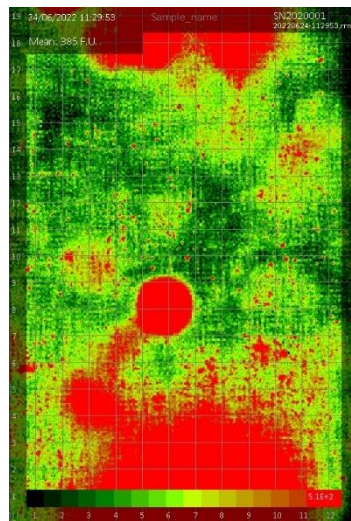
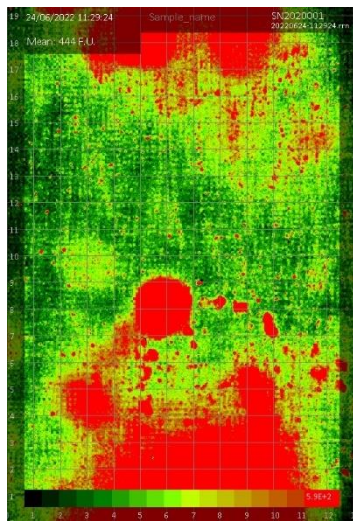
Vzorek 15:



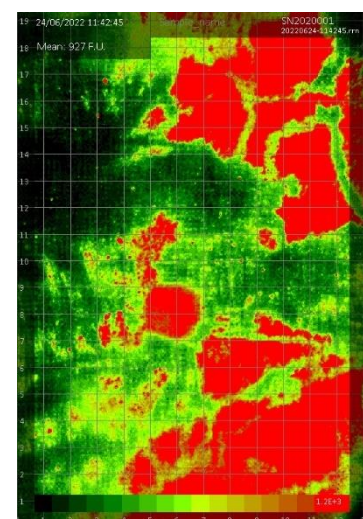
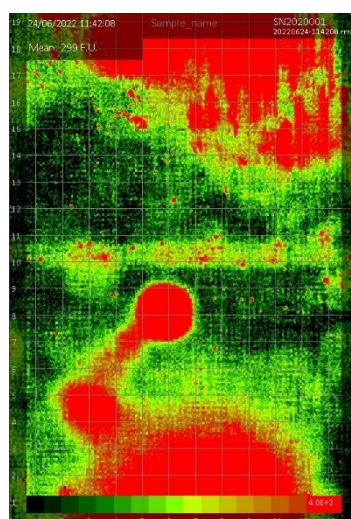
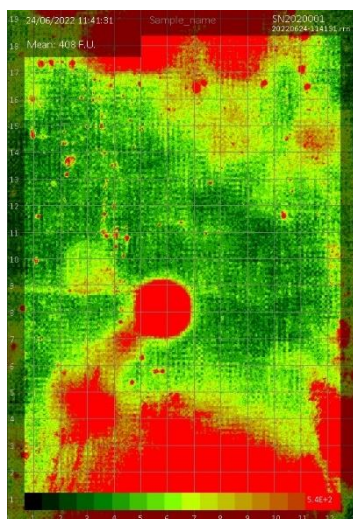
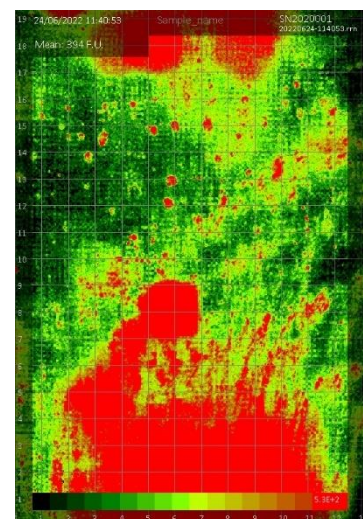
Vzorek 16:



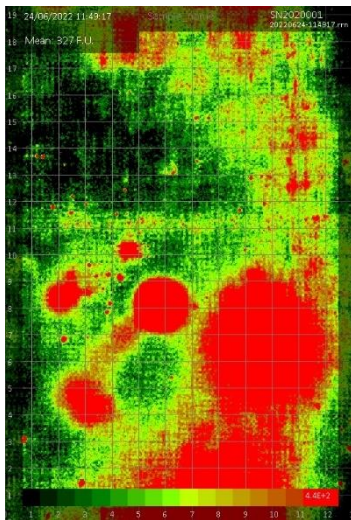
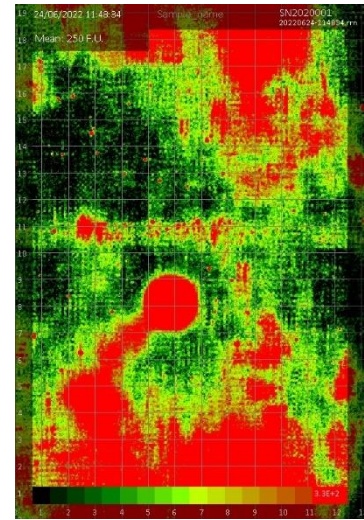
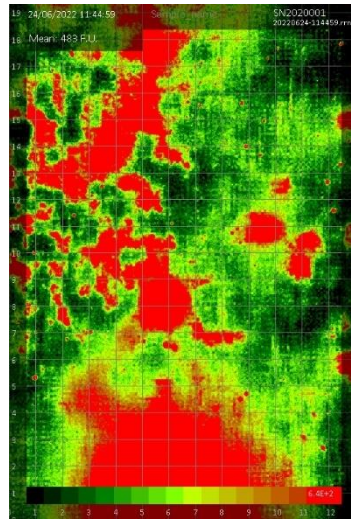
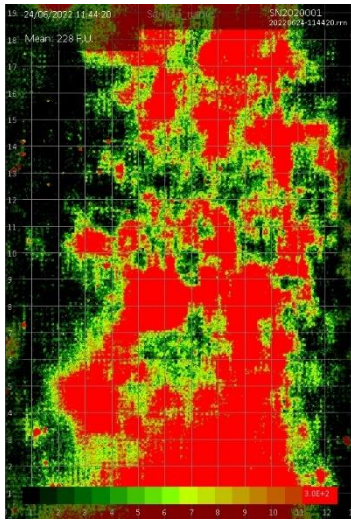
Vzorek 17:



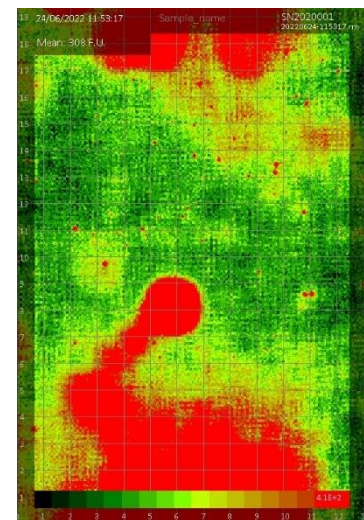
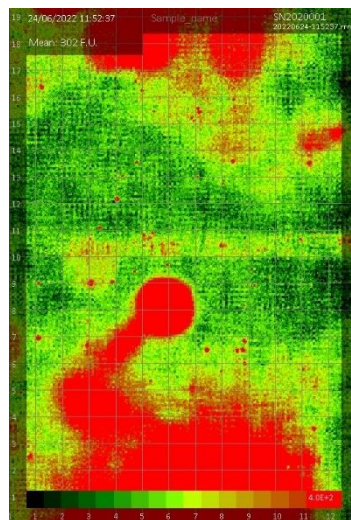
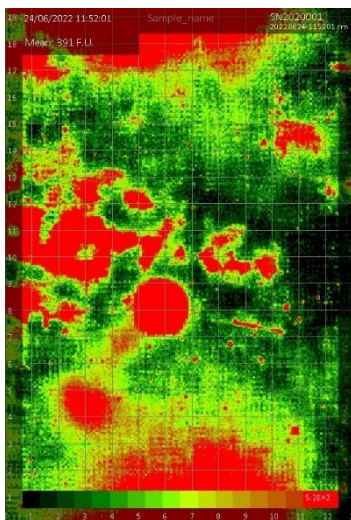
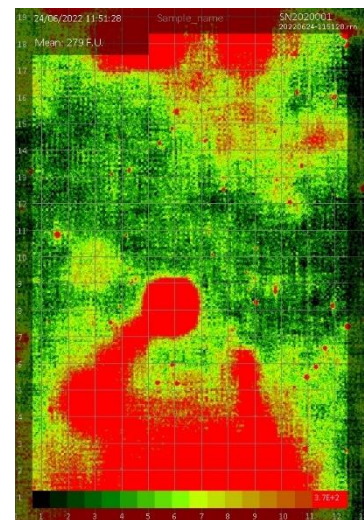
Vzorek 18:



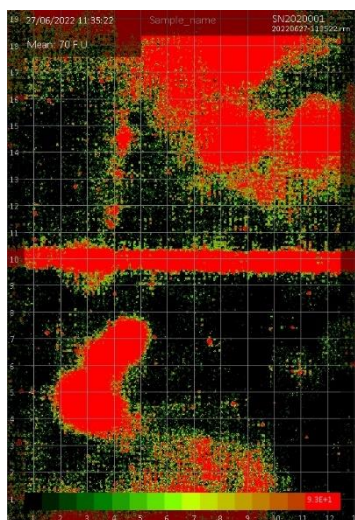
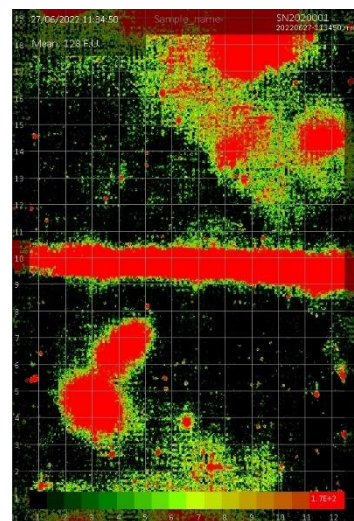
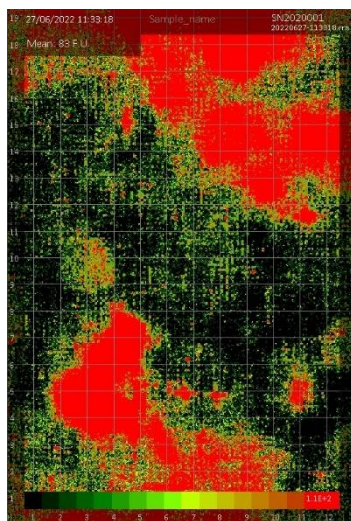
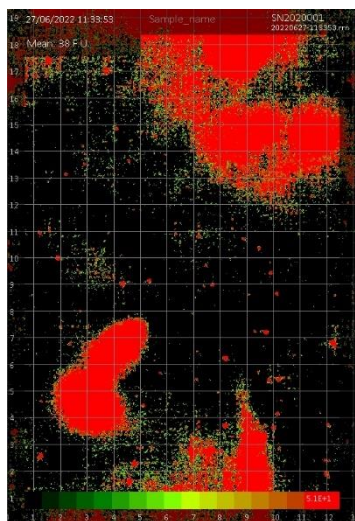
Vzorek 19:



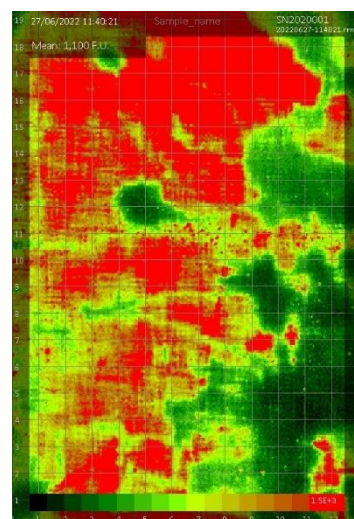
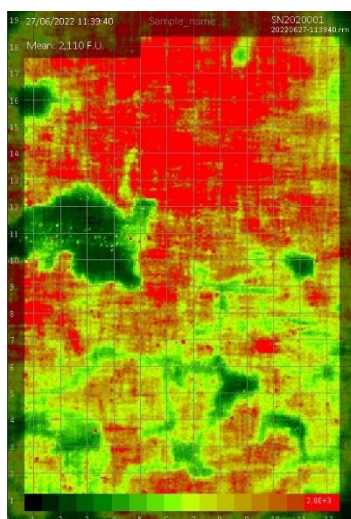
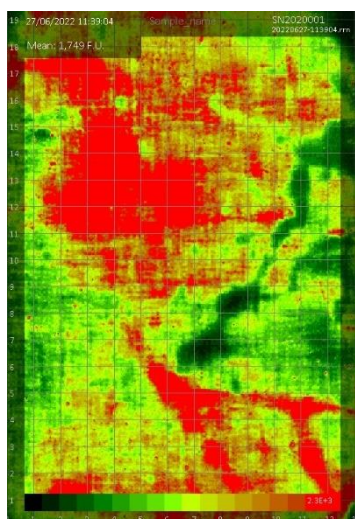
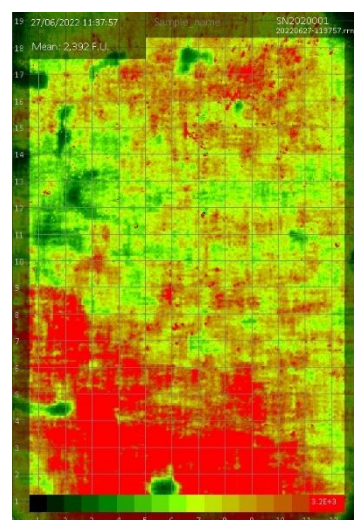
Vzorek 20:



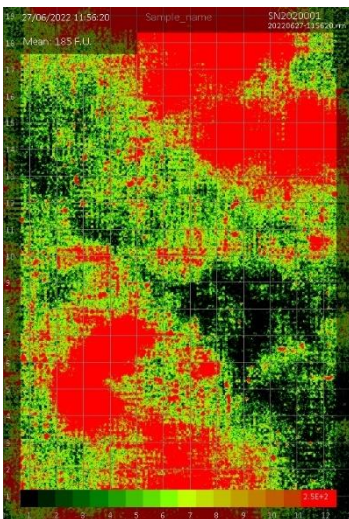
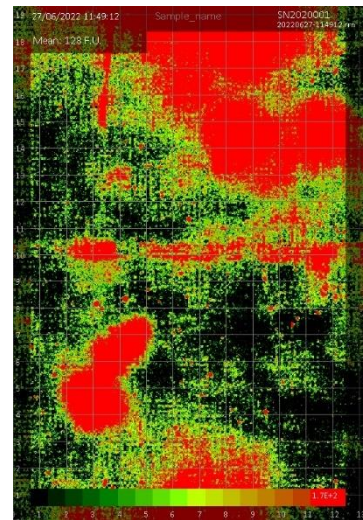
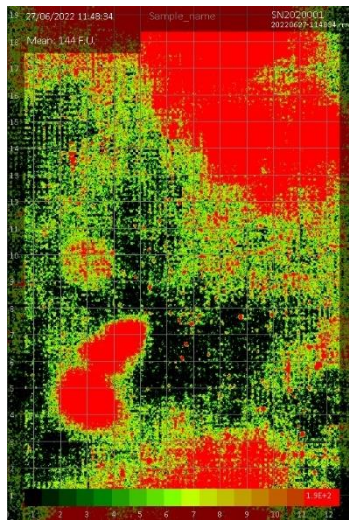
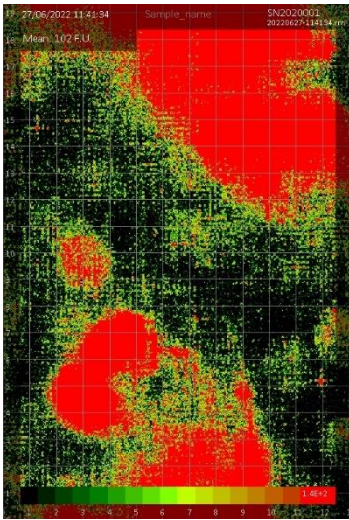
Vzorek 21:



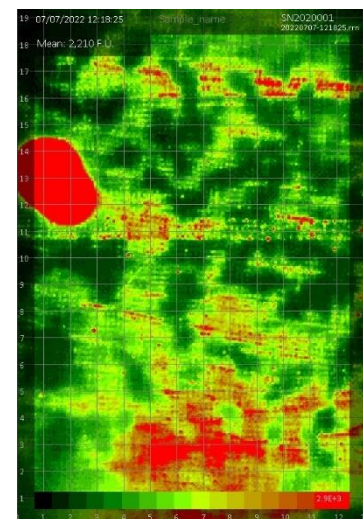
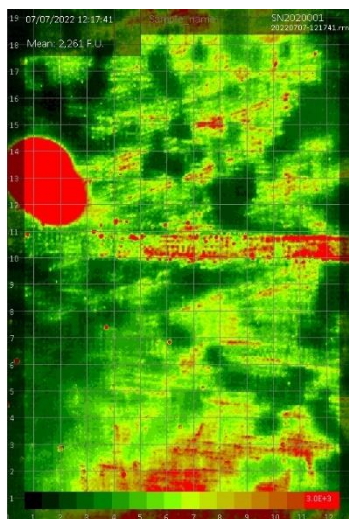
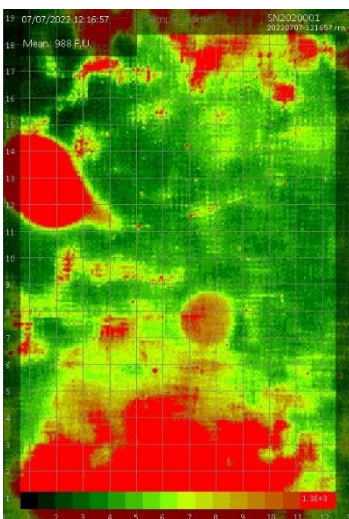
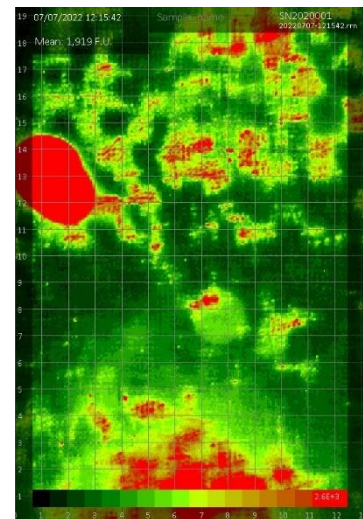
Vzorek 22:



Vzorek 23:

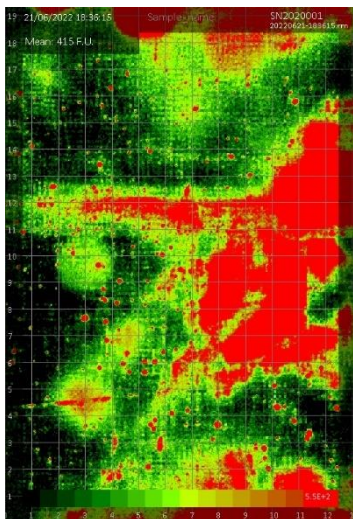
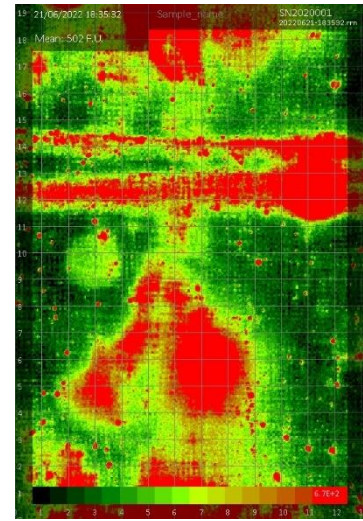
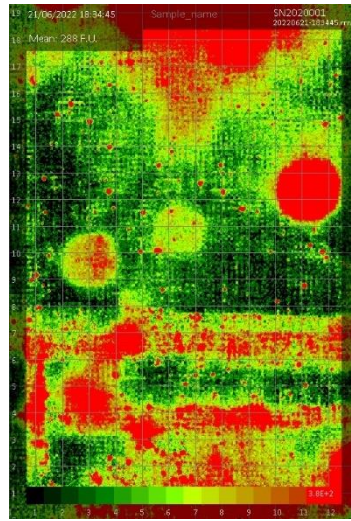
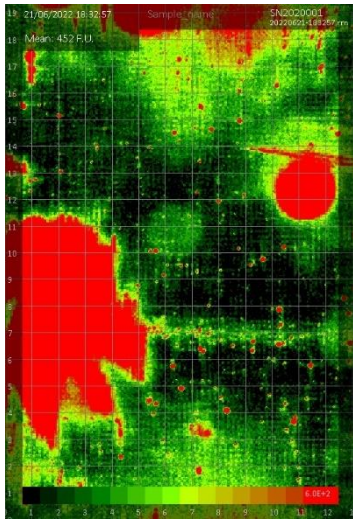


Vzorek 24:

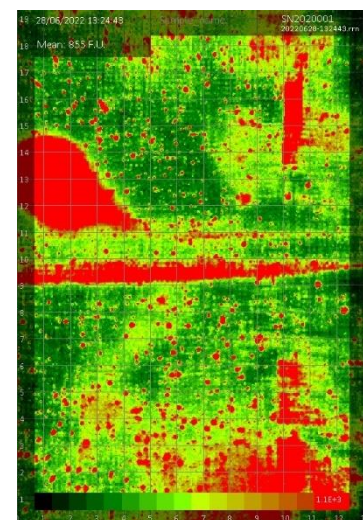
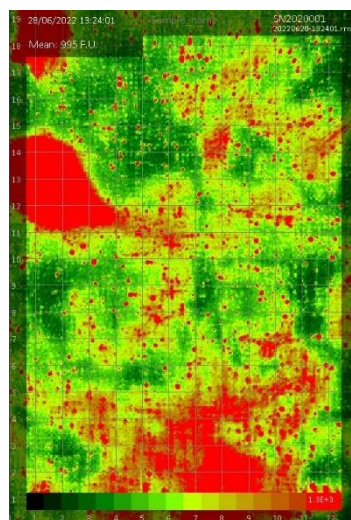
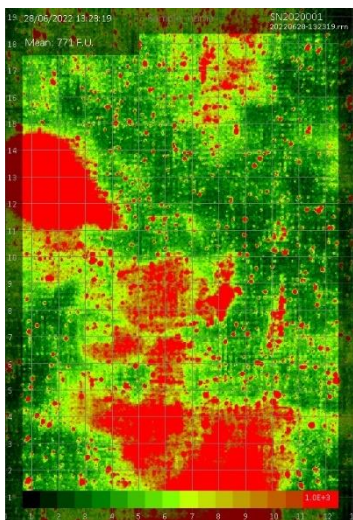
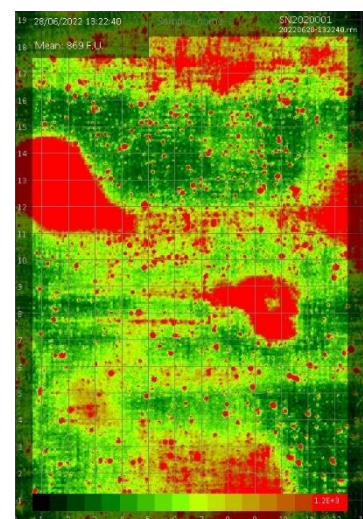


Příloha C – Snímky zamaštění vzorků po zamaštění

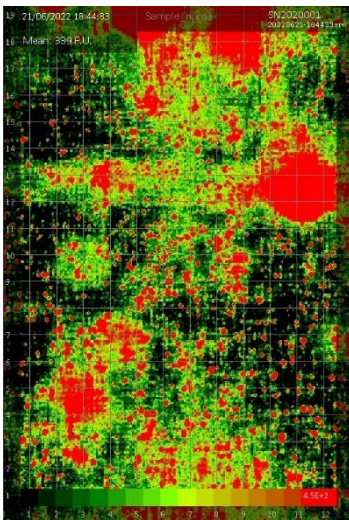
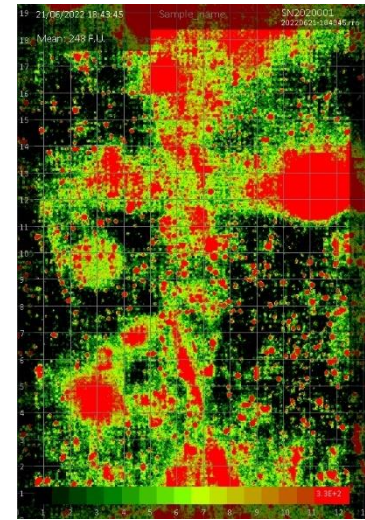
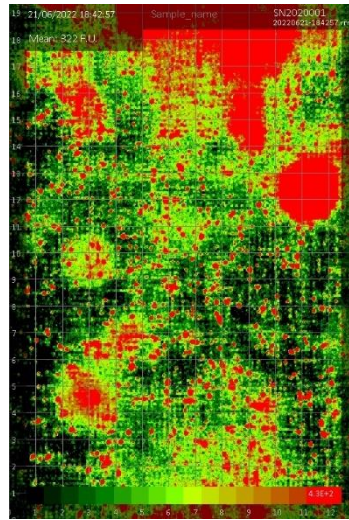
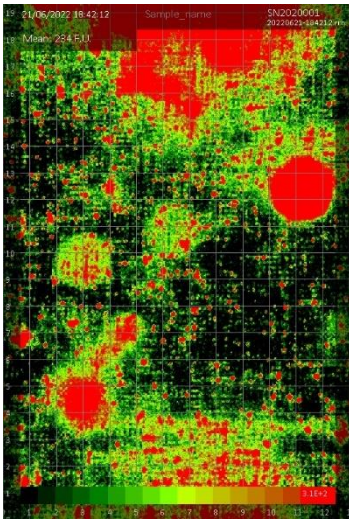
Vzorek 1:



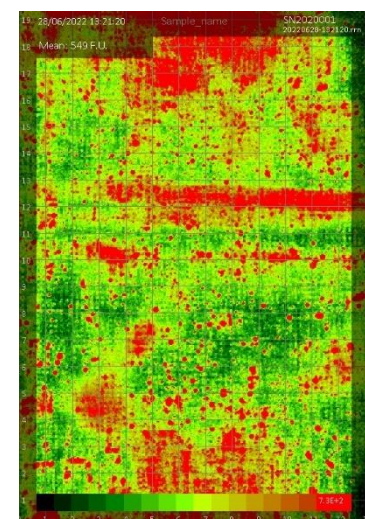
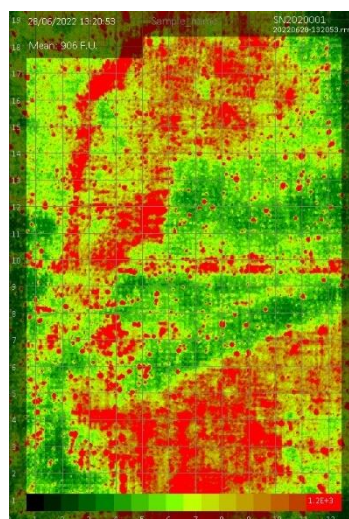
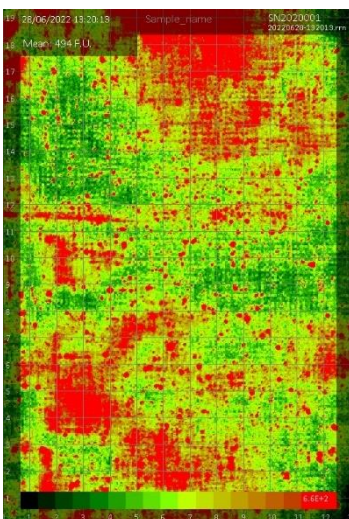
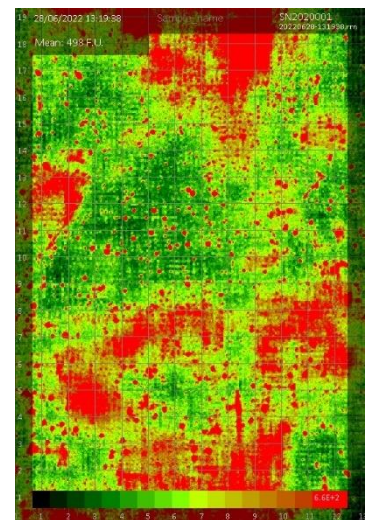
Vzorek 2:



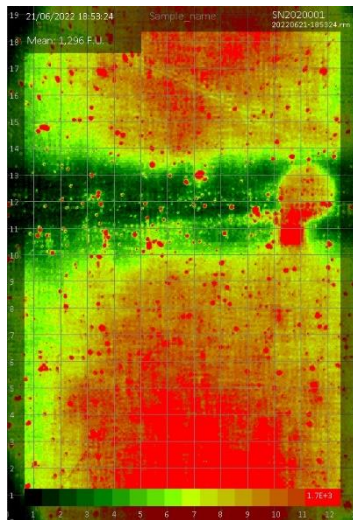
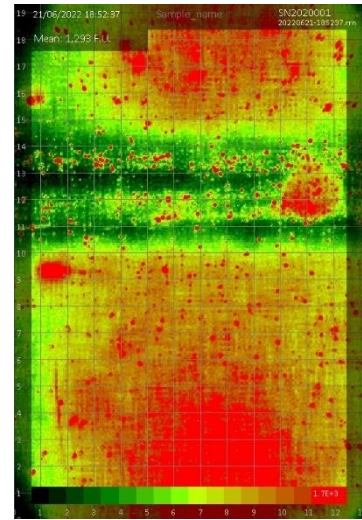
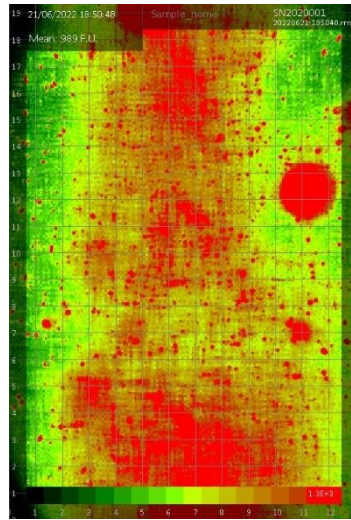
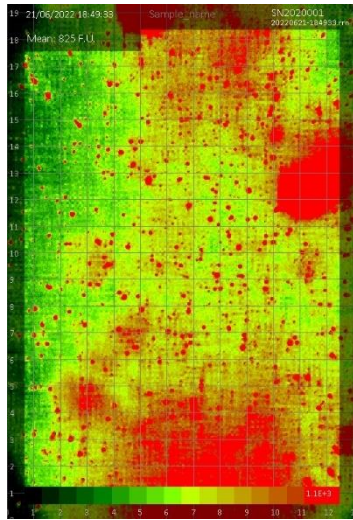
Vzorek 3:



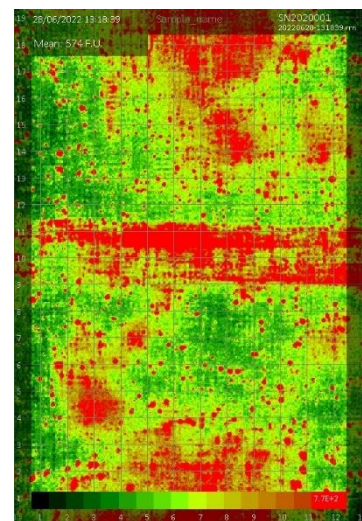
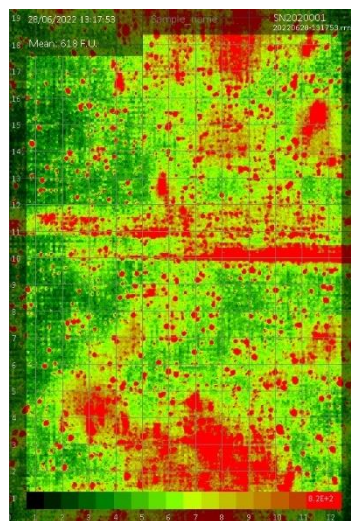
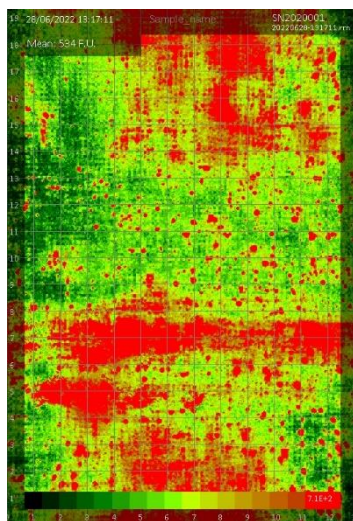
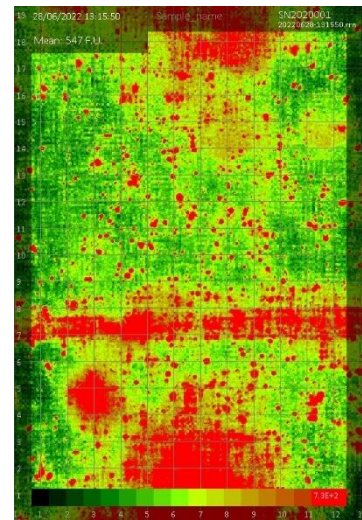
Vzorek 4:



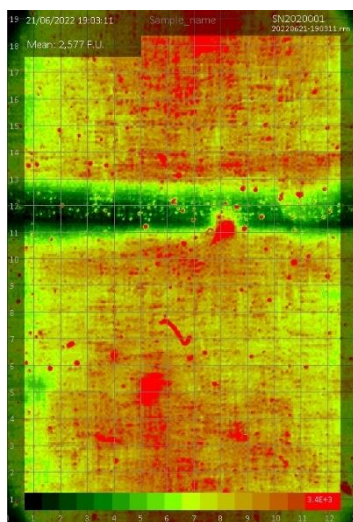
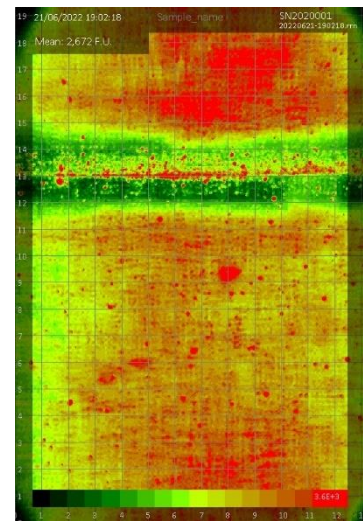
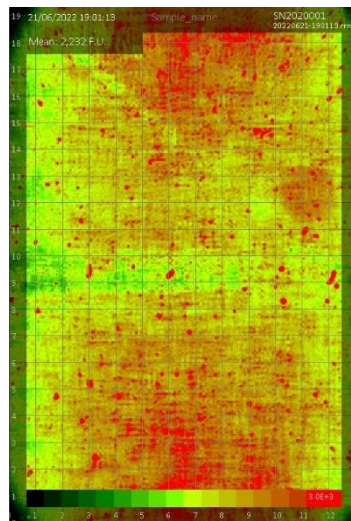
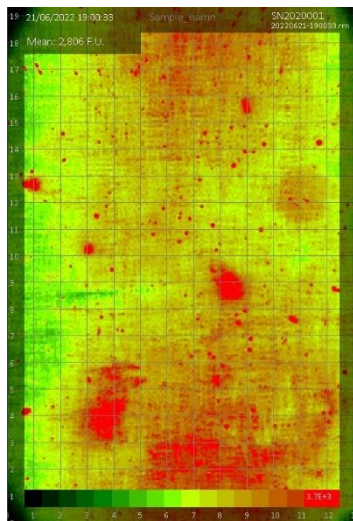
Vzorek 5:



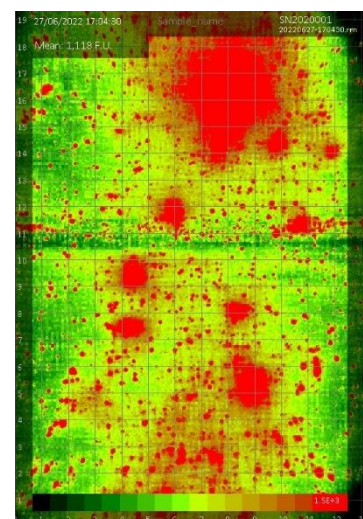
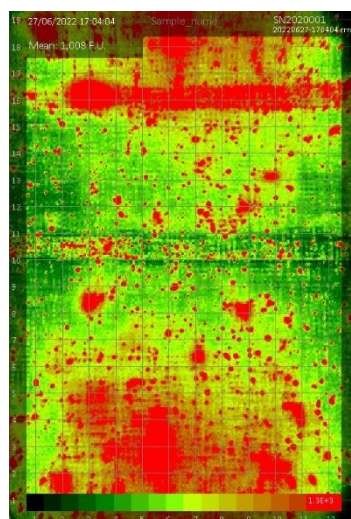
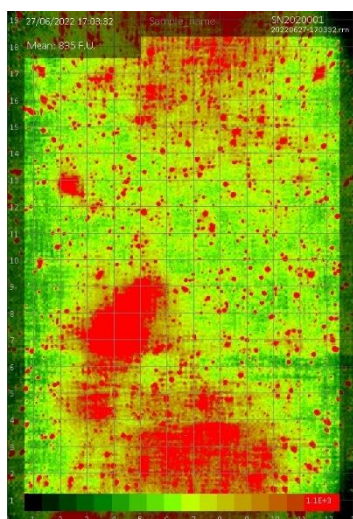
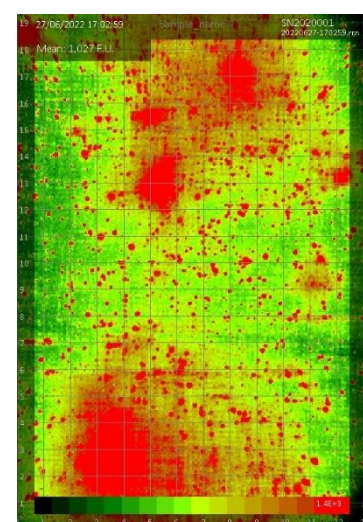
Vzorek 6:



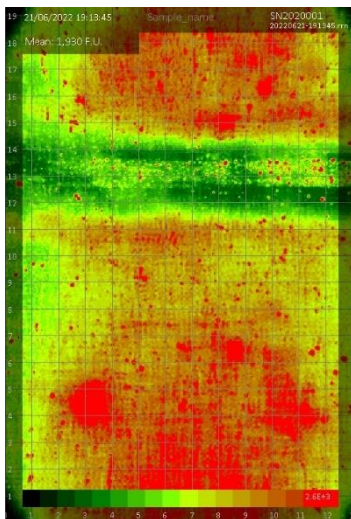
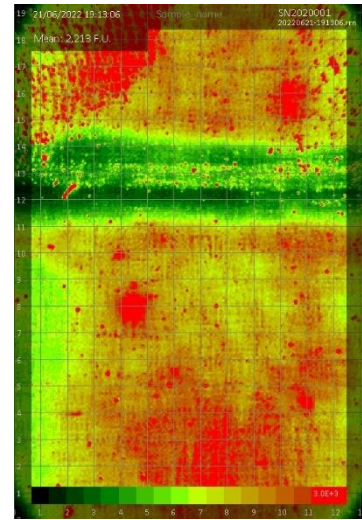
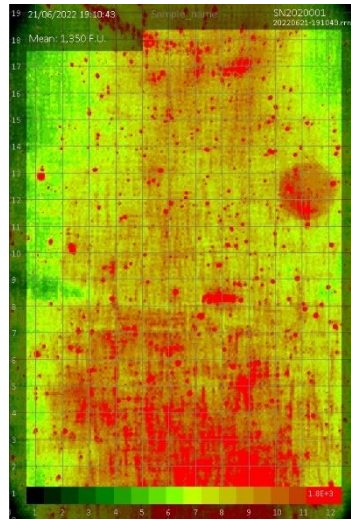
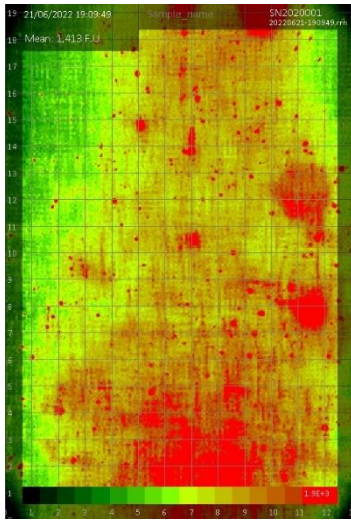
Vzorek 7:



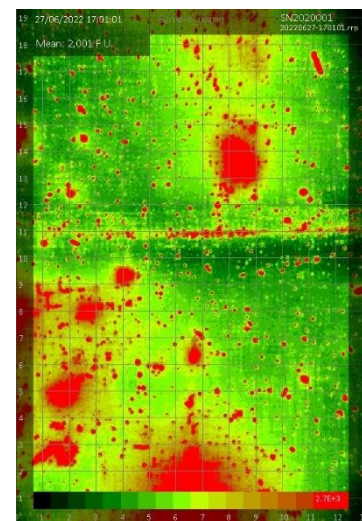
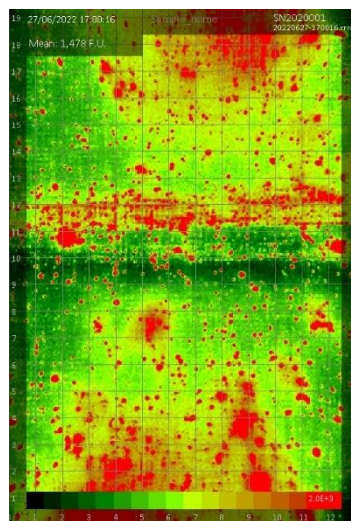
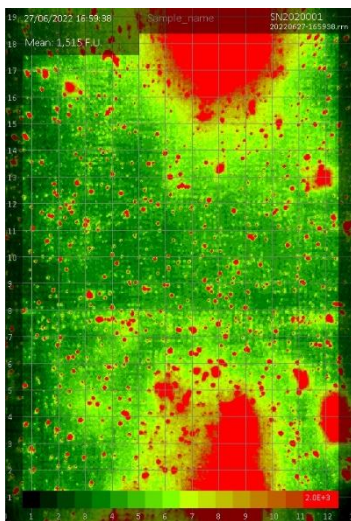
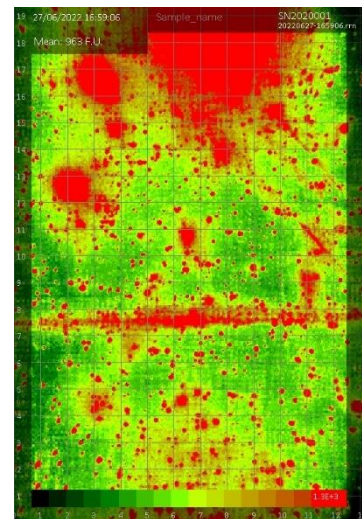
Vzorek 8:



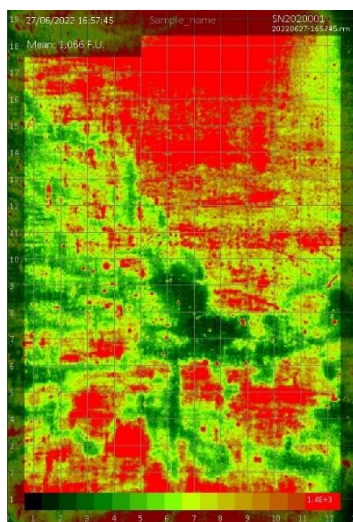
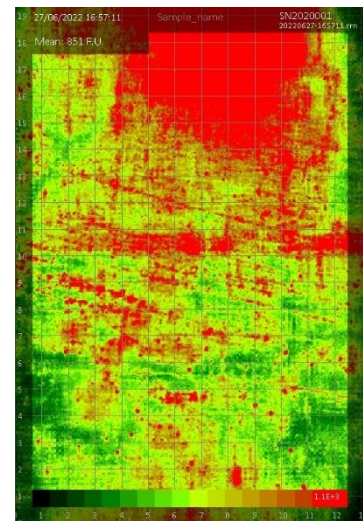
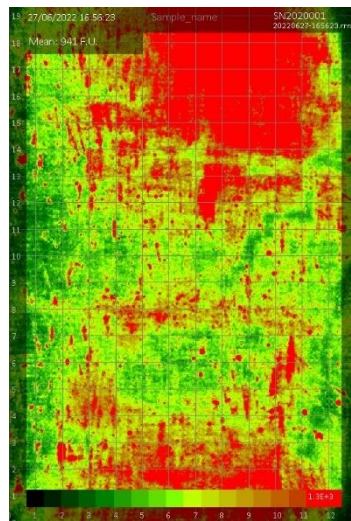
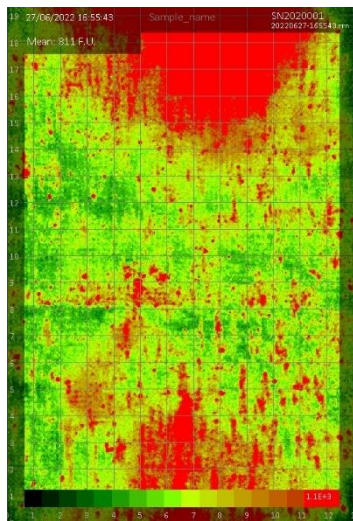
Vzorek 9:



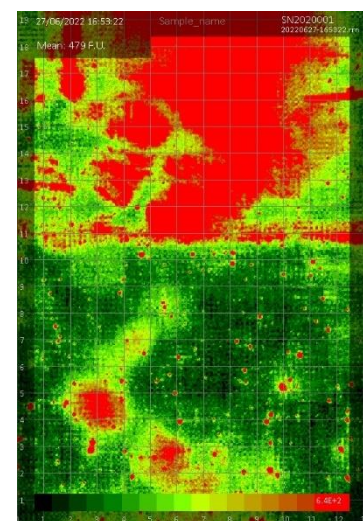
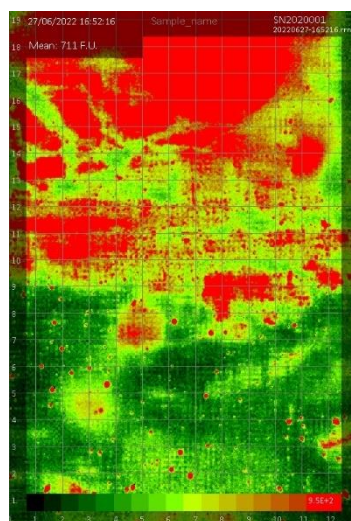
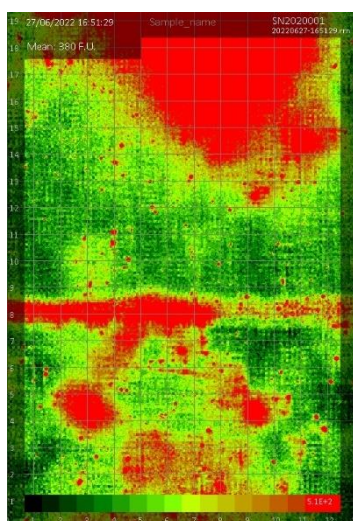
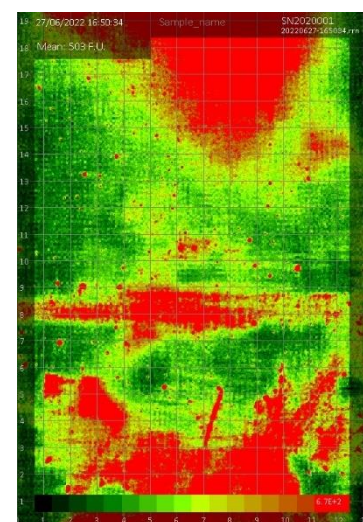
Vzorek 10:



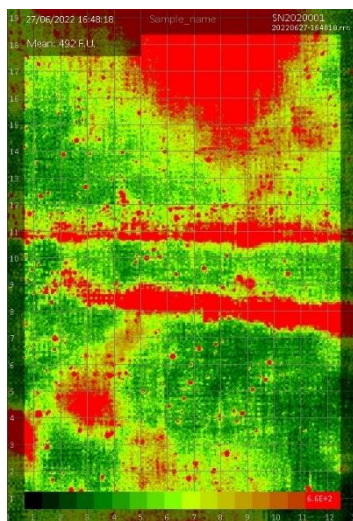
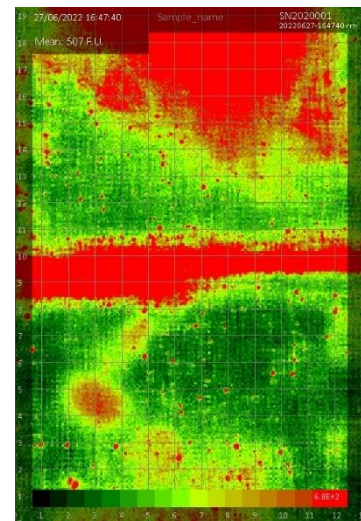
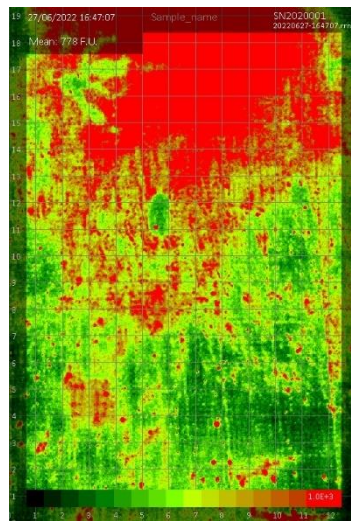
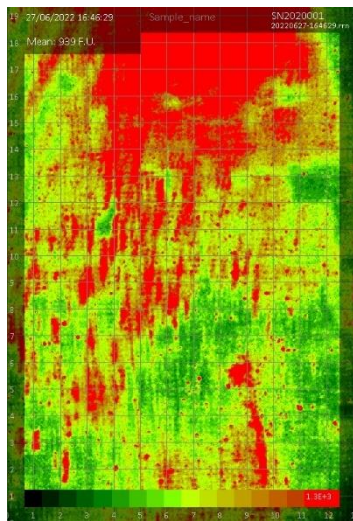
Vzorek 11:



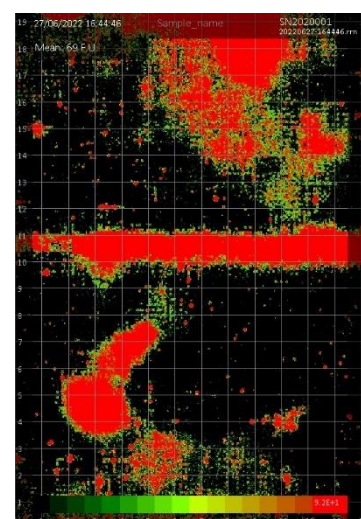
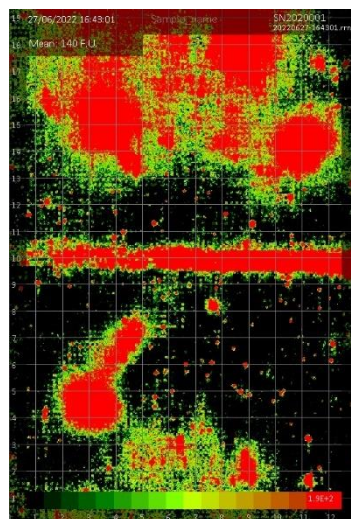
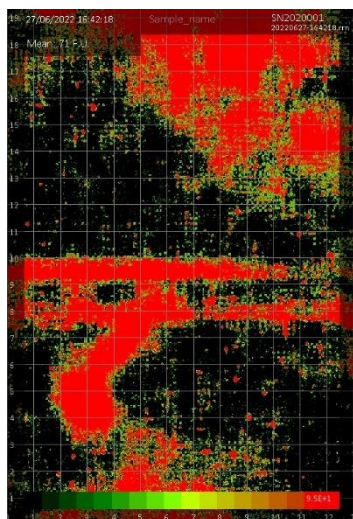
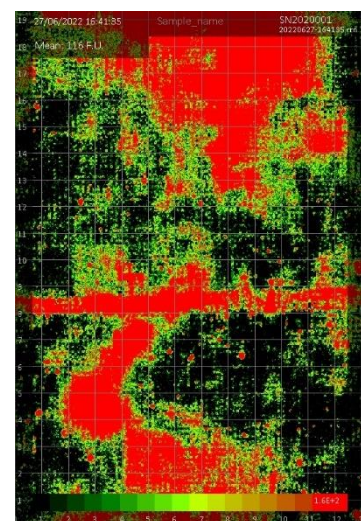
Vzorek 12:



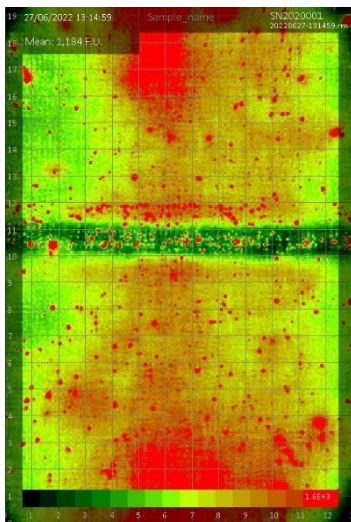
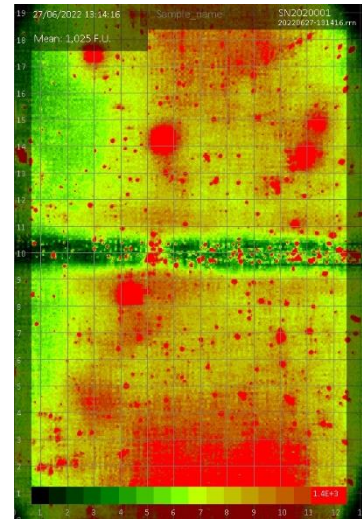
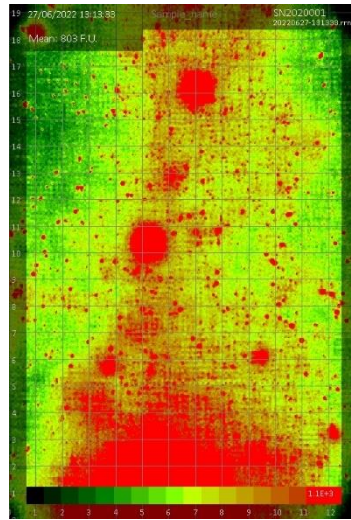
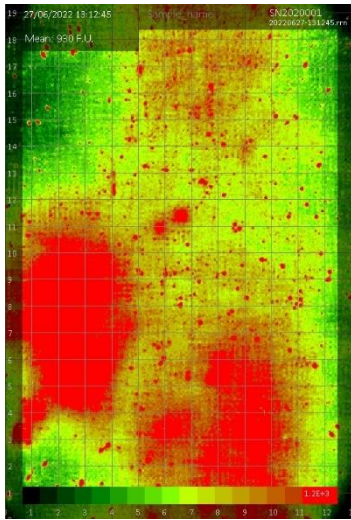
Vzorek 13:



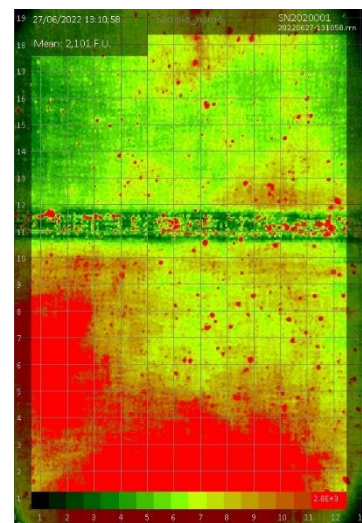
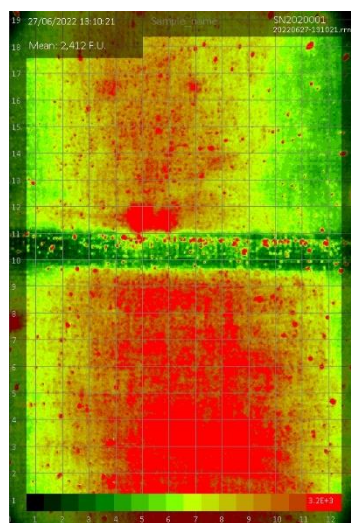
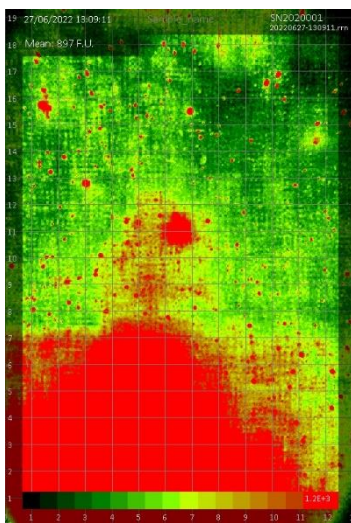
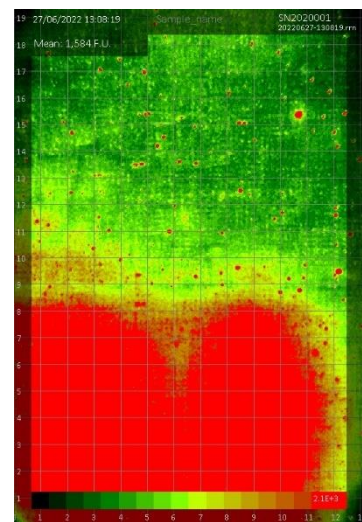
Vzorek 14:



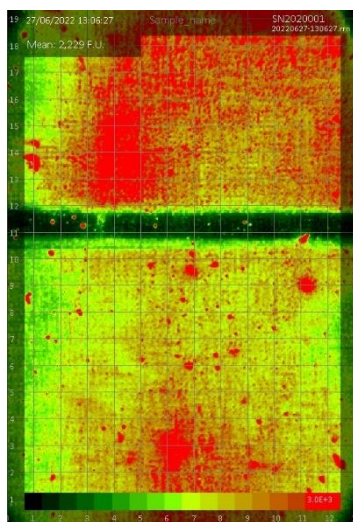
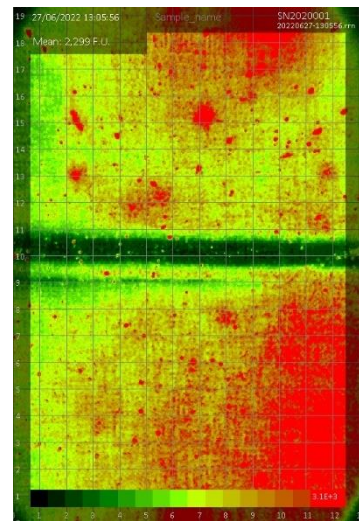
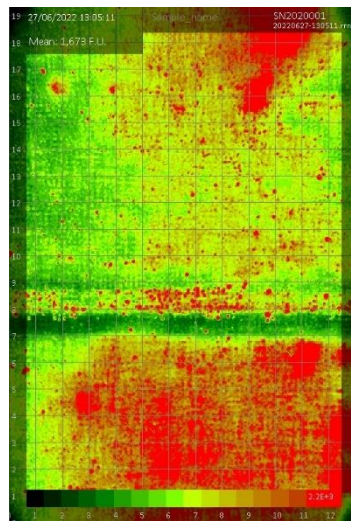
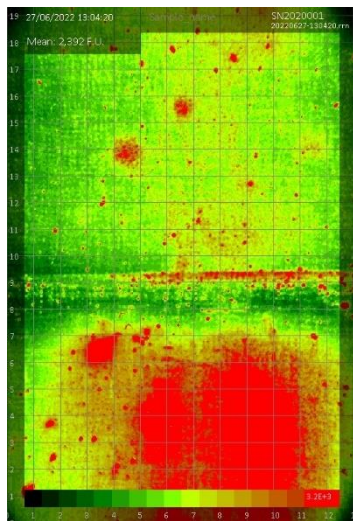
Vzorek 15:



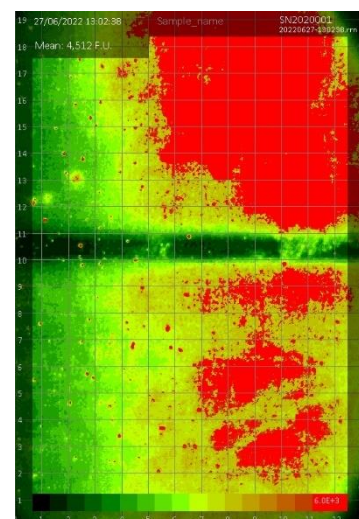
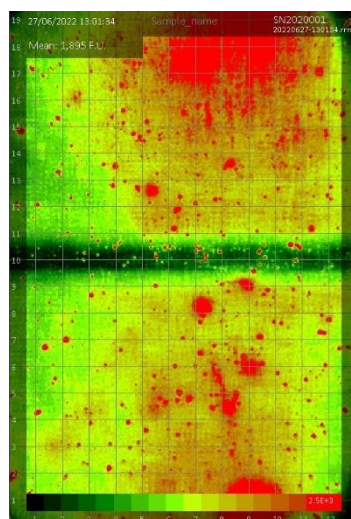
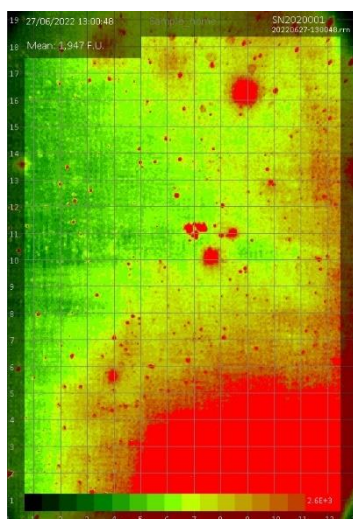
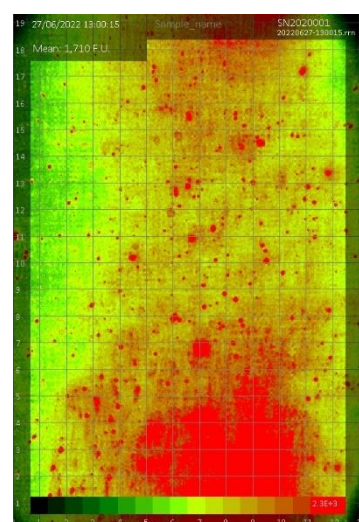
Vzorek 16:



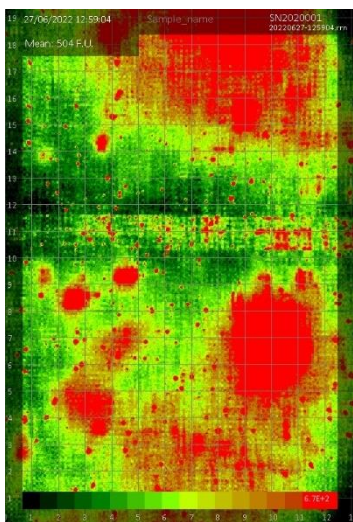
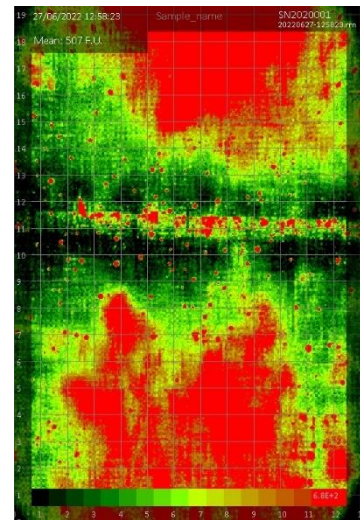
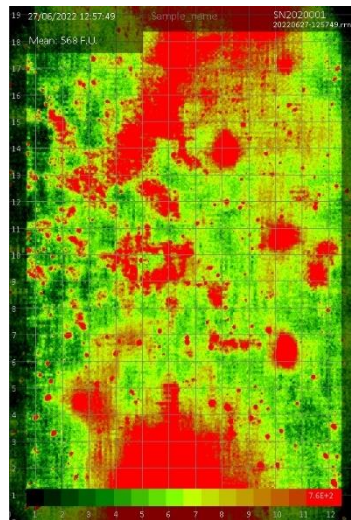
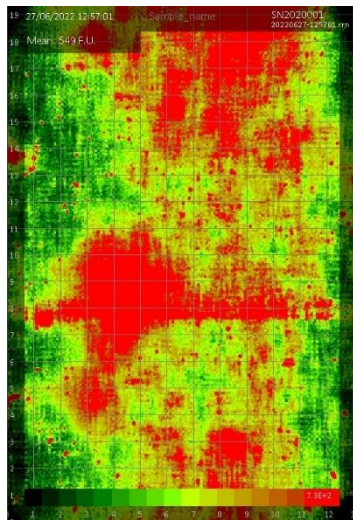
Vzorek 17:



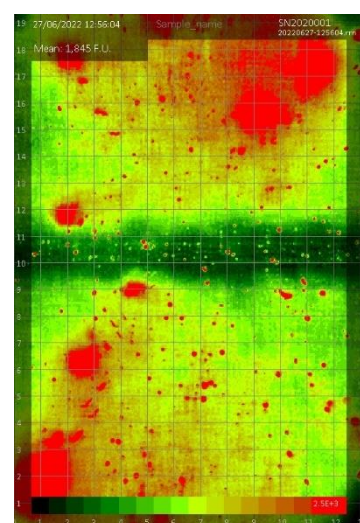
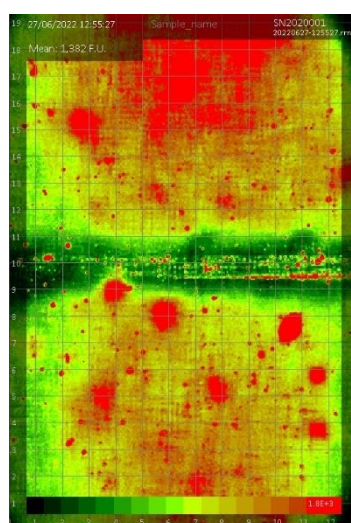
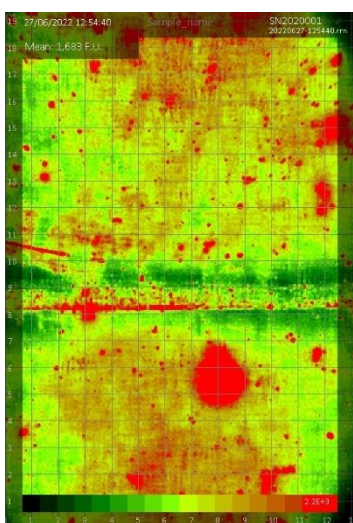
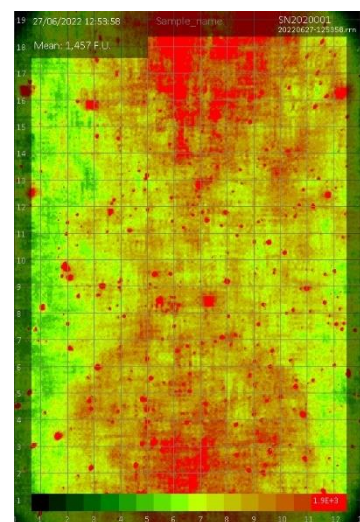
Vzorek 18:



Vzorek 19:



Vzorek 20:



Příloha D – Výsledky měření drsnosti povrchu drsnoměrem

Vzorek 1:

Pozice	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rz [μm]	3,98	4,138	3,842	4,16	4,791	6,054	5,142	6,625	4,596	4,288
Ra [μm]	0,692	0,671	0,642	0,745	0,903	0,95	0,823	1,116	0,78	0,755
Rq [μm]	0,847	0,836	0,801	0,894	1,091	1,215	1,026	1,391	0,963	0,926

Vzorek 2:

Pozice	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rz [μm]	7,486	8,306	9,902	8,114	6,41	11,74	7,405	7,323	8,017	5,566
Ra [μm]	1,348	1,307	1,482	1,356	1,069	1,682	1,078	1,078	1,616	0,978
Rq [μm]	1,709	1,702	2,044	1,719	1,312	2,311	1,397	1,399	1,937	1,204

Vzorek 3:

Pozice	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rz [μm]	5,098	7,706	6,875	7,585	5,956	4,953	6,412	6,482	6,202	5,246
Ra [μm]	0,703	1,126	1,207	1,064	1,015	0,838	0,878	1,059	1,017	0,879
Rq [μm]	0,899	1,512	1,521	1,418	1,241	1,074	1,136	1,341	1,318	1,085

Vzorek 4:

Pozice	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rz [μm]	4,816	4,775	5,227	6,171	8,275	4,91	5,981	4,805	5,366	4,717
Ra [μm]	0,746	0,789	0,864	0,887	1,29	0,857	0,795	0,727	0,984	0,752
Rq [μm]	0,908	0,984	1,101	1,148	1,696	1,102	1,068	0,96	1,224	0,939

Vzorek 5:

Pozice	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rz [μm]	6,368	5,915	5,832	6,199	5,276	3,956	5,268	5,539	4,77	4,075
Ra [μm]	0,912	0,97	0,934	1,105	0,785	0,603	0,915	0,868	0,873	0,626
Rq [μm]	1,19	1,241	1,176	1,353	1,017	0,757	1,14	1,129	1,101	0,799

Vzorek 6:

Pozice	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rz [μm]	3,501	4,715	5,287	5,883	3,966	4,682	6,595	4,359	5,506	4,148
Ra [μm]	0,681	0,828	0,917	0,838	0,678	0,735	1,049	0,65	0,877	0,627
Rq [μm]	0,804	1,009	1,132	1,114	0,832	0,937	1,376	0,827	1,143	0,808

Vzorek 7:

Pozice	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rz [μm]	5,598	6,909	6,25	5,858	7,701	5,368	6,393	7,111	7,416	5,706
Ra [μm]	0,943	1,19	1,125	0,975	1,38	0,955	1,094	1,107	1,07	0,888
Rq [μm]	1,144	1,474	1,416	1,24	1,762	1,168	1,378	1,4	1,414	1,137

Vzorek 8:

Pozice	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rz [μm]	6,596	6,279	8,21	7,54	5,363	5,561	5,956	6,433	6,345	9,533
Ra [μm]	1,16	0,928	1,279	1,188	0,894	0,996	1,068	1,122	1,031	1,561
Rq [μm]	1,447	1,209	1,622	1,526	1,106	1,223	1,29	1,399	1,308	1,996

Vzorek 9:

Pozice	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rz [μm]	5,824	7,206	12,515	10,397	9,149	11,491	5,903	7,149	5,292	5,924
Ra [μm]	1,019	1,225	2,285	1,715	1,415	1,703	0,962	1,229	0,763	1,016
Rq [μm]	1,255	1,531	2,825	2,246	1,867	2,322	1,203	1,522	0,968	1,314

Vzorek 10:

Pozice	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rz [μm]	3,895	4,051	4,792	4,135	4,318	4,057	6,018	4,709	5,633	4,747
Ra [μm]	0,546	0,598	0,783	0,665	0,693	0,624	1,021	0,731	0,913	0,74
Rq [μm]	0,702	0,755	1,015	0,839	0,889	0,785	1,289	0,921	1,143	0,94

Vzorek 11:

Pozice	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rz [μm]	4,75	7,576	6,547	5,929	7,292	5,439	4,81	5,475	6,152	5,025
Ra [μm]	0,975	1,157	1,184	0,914	1,195	0,896	0,834	0,879	0,993	0,776
Rq [μm]	1,141	1,546	1,465	1,221	1,567	1,14	1,051	1,113	1,222	0,998

Vzorek 12:

Pozice	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rz [μm]	5,511	6,248	6,854	6,907	7,949	6,101	6,689	6,863	6,731	6,775
Ra [μm]	1,092	1,046	1,215	1,001	1,349	0,884	1,062	1,076	0,971	1,376
Rq [μm]	1,301	1,306	1,539	1,309	1,68	1,163	1,357	1,354	1,263	1,645

Vzorek 13:

Pozice	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rz [μm]	5,235	5,269	8,32	6,009	6,891	6,026	4,401	4,797	5,02	6,01
Ra [μm]	0,906	0,892	1,491	1,09	1,343	1,003	0,818	0,781	0,854	1,02
Rq [μm]	1,102	1,152	1,917	1,34	1,639	1,347	1	1,016	1,051	1,338

Vzorek 14:

Pozice	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rz [μm]	11,858	11,414	12,123	12,358	11,965	13,595	15,192	17,374	12,041	14,275
Ra [μm]	2,136	1,979	2,063	2,178	2,206	2,004	1,975	2,763	2,445	2,457
Rq [μm]	2,654	2,433	2,624	2,669	2,739	2,628	2,587	3,516	2,885	3,029

Vzorek 15:

Pozice	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rz [μm]	8,074	7,06	8,045	6,26	7,98	7,474	7,161	8,993	8,583	8,784
Ra [μm]	1,361	1,219	1,322	1,125	1,299	1,193	1,192	1,594	1,554	1,458
Rq [μm]	1,711	1,528	1,686	1,371	1,641	1,524	1,496	1,983	1,895	1,839

Vzorek 16:

Pozice	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rz [μm]	4,651	4,669	5,112	6,567	8,391	7,369	5,75	5,503	5,304	5,85
Ra [μm]	0,652	0,801	0,68	1,067	1,102	0,874	0,944	0,674	0,871	1,021
Rq [μm]	0,842	0,984	0,896	1,371	1,415	1,178	1,196	0,953	1,08	1,281

Vzorek 17:

Pozice	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rz [μm]	5,522	5,779	4,949	5,083	4,696	5,468	5,309	4,651	4,857	5,885
Ra [μm]	0,921	0,872	0,809	0,716	0,683	0,848	0,992	0,773	0,862	1,025
Rq [μm]	1,154	1,116	1,005	0,955	0,857	1,064	1,234	0,96	1,077	1,258

Vzorek 18:

Pozice	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rz [μm]	7,295	5,077	6,93	7,153	6,461	6,539	7,667	8,657	6,637	6,81
Ra [μm]	1,307	0,868	1,113	1,215	1,217	1,097	1,173	1,527	1,043	1,037
Rq [μm]	1,621	1,058	1,414	1,52	1,488	1,389	1,504	1,909	1,327	1,314

Vzorek 19:

Pozice	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rz [μm]	13,814	16,111	18,36	13,596	14,852	16,941	17,896	15,429	14,384	15,713
Ra [μm]	2,18	2,249	2,848	1,975	2,508	2,661	3,034	2,402	2,733	2,813
Rq [μm]	2,795	3,051	3,664	2,587	3,101	3,358	3,953	3,12	3,331	3,62

Vzorek 20:

Pozice	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rz [μm]	12,157	12,064	12,044	11,642	11,655	18,61	14,814	13,231	11,073	11,046
Ra [μm]	2,114	1,745	2,17	2,08	2,048	3,185	1,958	1,711	1,78	1,672
Rq [μm]	2,719	2,241	2,672	2,513	2,571	4,164	2,675	2,366	2,312	2,116

Vzorek 21:

Pozice	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rz [μm]	9,186	8,464	11,172	8,316	9,895	10,816	8,759	7,839	8,957	8,474
Ra [μm]	1,476	1,533	1,685	1,598	1,682	1,506	1,272	1,2	1,672	1,468
Rq [μm]	1,819	1,885	2,211	1,961	2,141	1,903	1,68	1,572	2,056	1,851

Vzorek 22:

Pozice	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rz [μm]	3,451	4,039	4,861	5,447	5,715	4,271	6,124	4,386	5,699	4,477
Ra [μm]	0,709	0,67	1,04	0,855	0,962	0,752	0,993	0,662	1,008	0,703
Rq [μm]	0,838	0,837	1,215	1,114	1,176	0,934	1,279	0,841	1,253	0,89

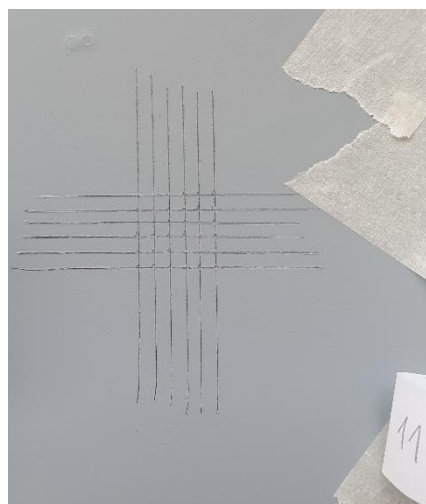
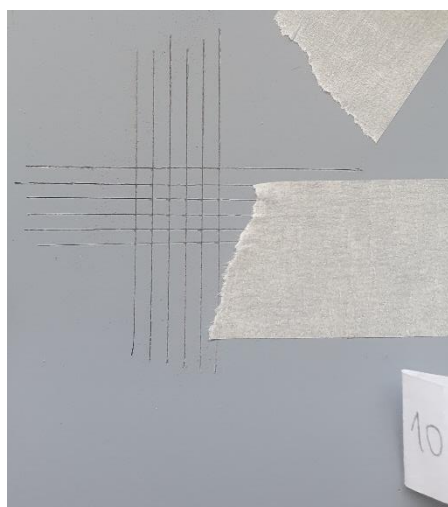
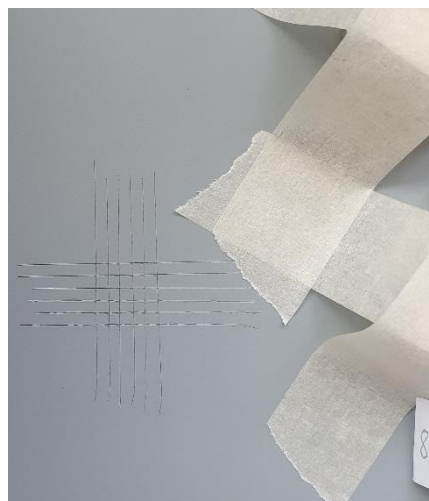
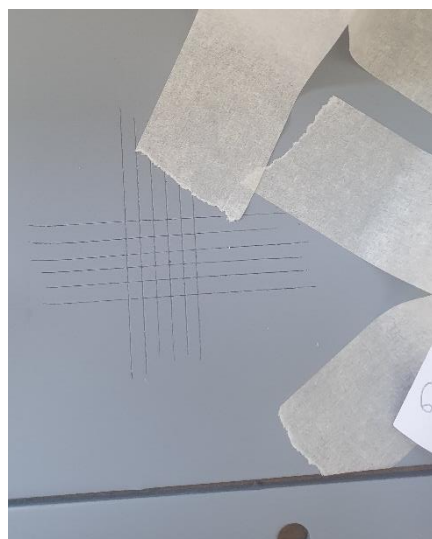
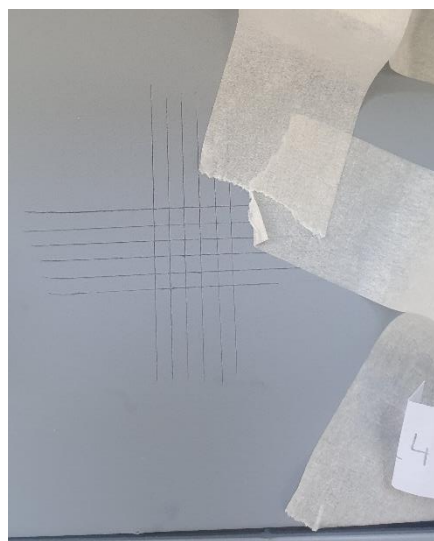
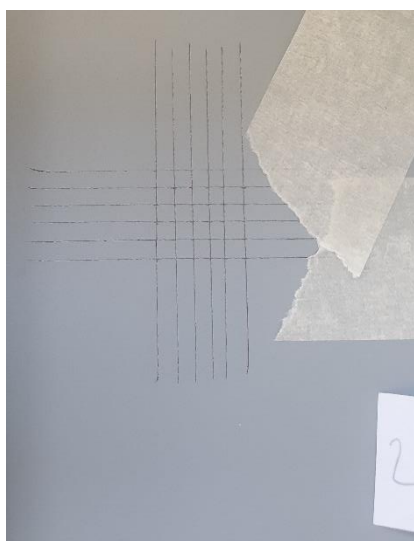
Vzorek 23:

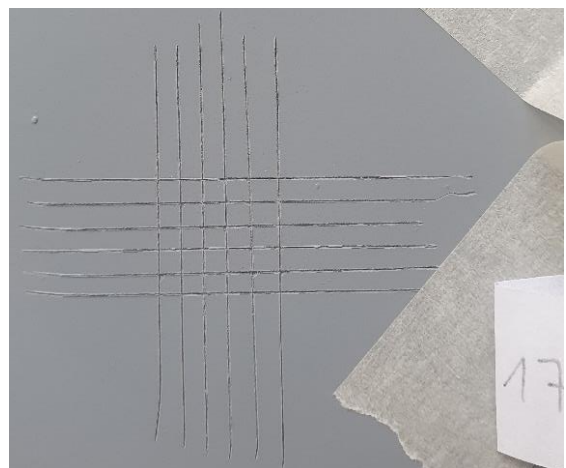
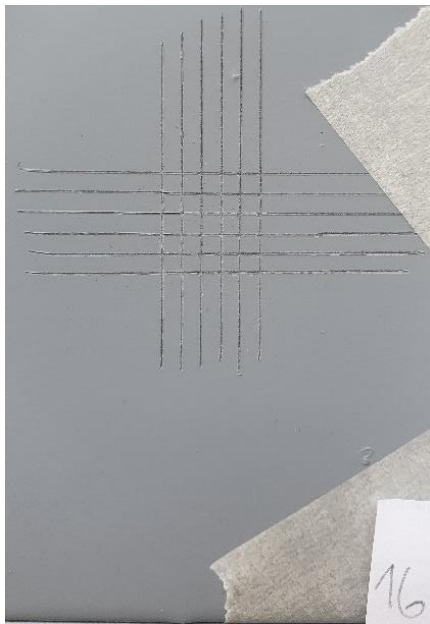
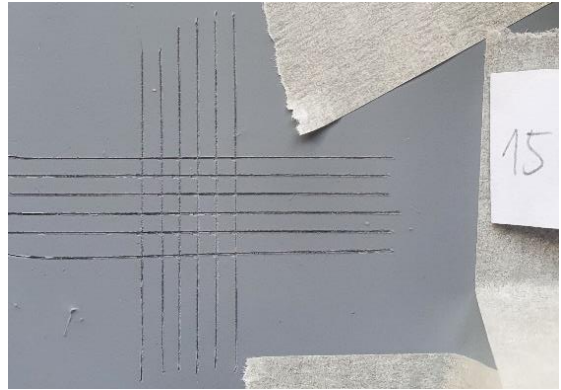
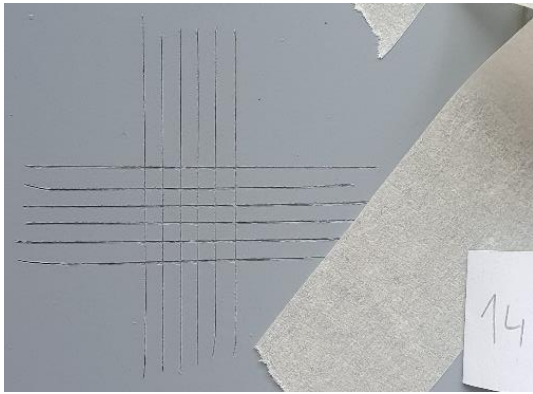
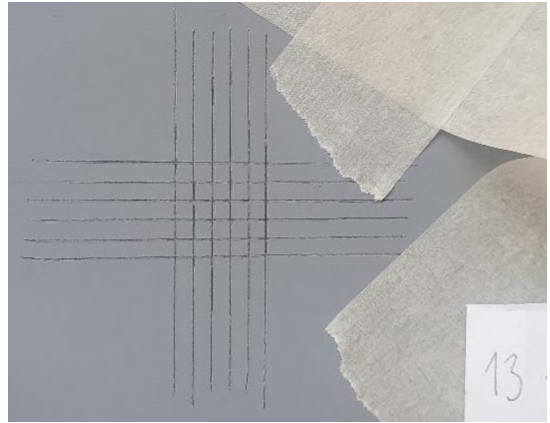
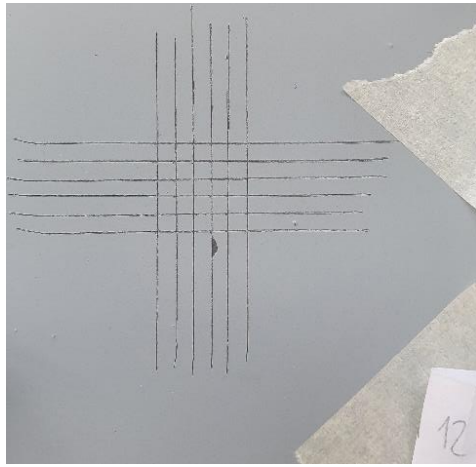
Pozice	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rz [μm]	4,109	4,229	5,48	5,179	6,636	5,599	4,044	7,384	5,228	5,051
Ra [μm]	0,593	0,628	0,872	0,759	1,088	0,967	0,661	0,836	0,916	0,829
Rq [μm]	0,793	0,808	1,116	0,973	1,386	1,208	0,824	1,121	1,127	1,049

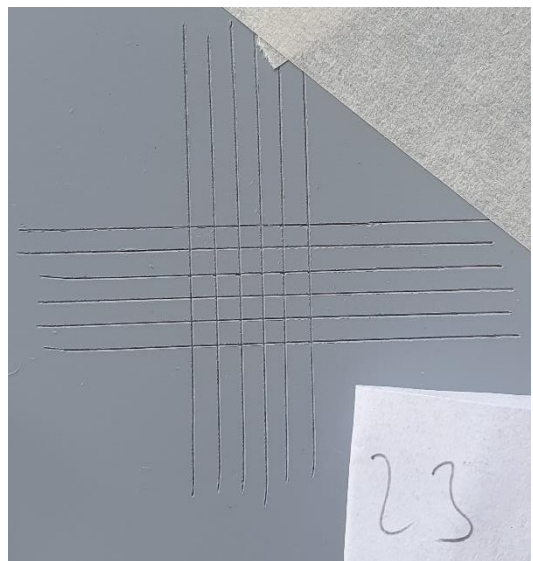
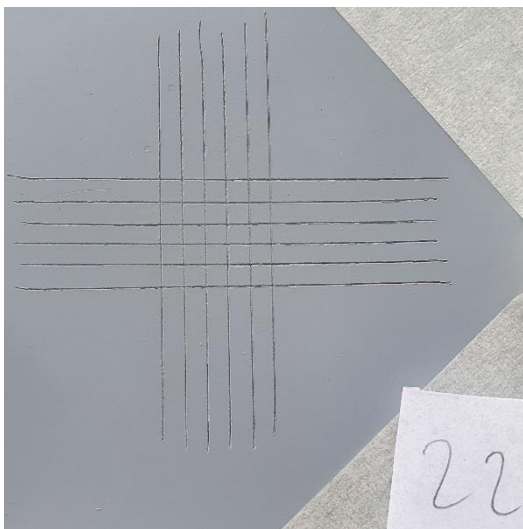
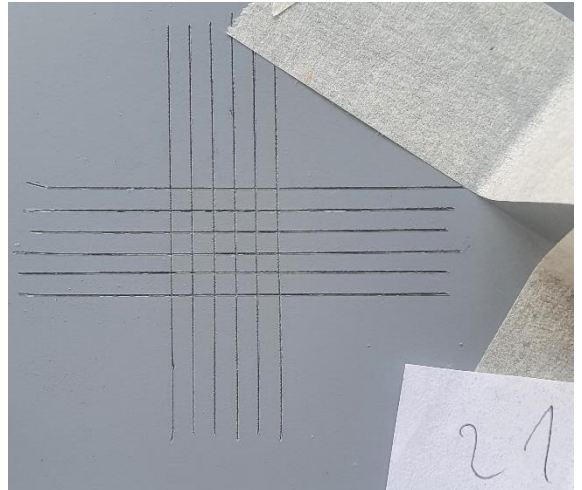
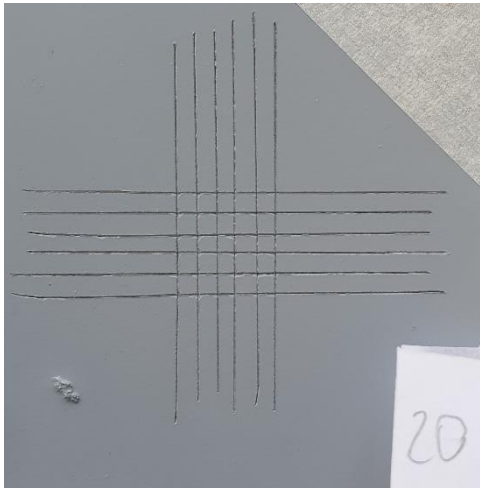
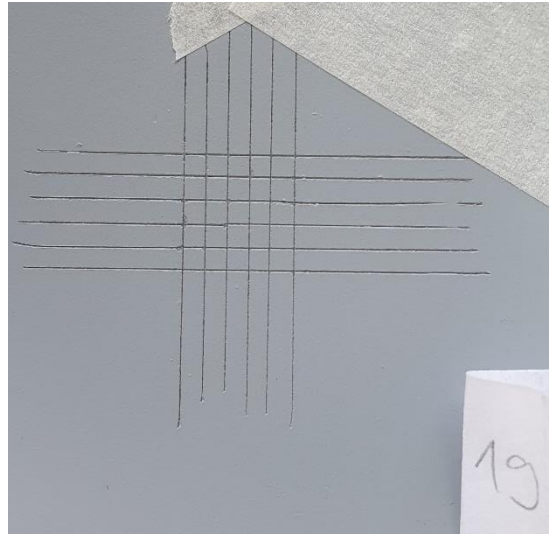
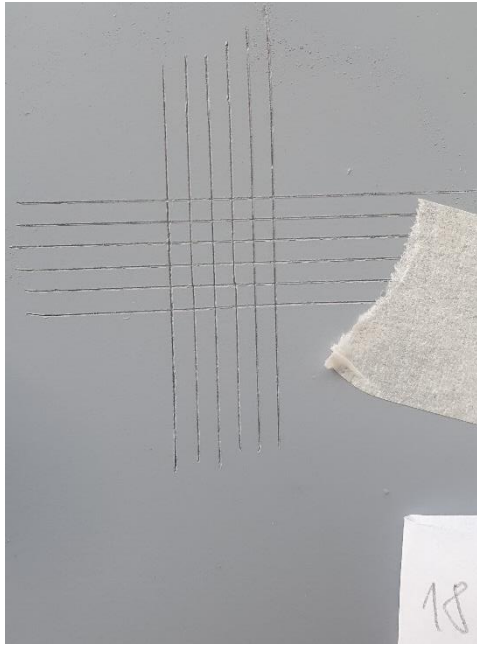
Vzorek 24:

Pozice	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rz [μm]	13,697	10,215	8,985	13,938	8,793	7,227	10,723	10,753	12,275	9,512
Ra [μm]	1,979	1,761	1,523	2,11	1,712	1,467	1,619	1,909	2,014	1,698
Rq [μm]	2,581	2,227	1,895	2,775	2,066	1,766	2,106	2,32	2,543	2,162

Příloha E – Snímky z měření mřížkovou zkouškou

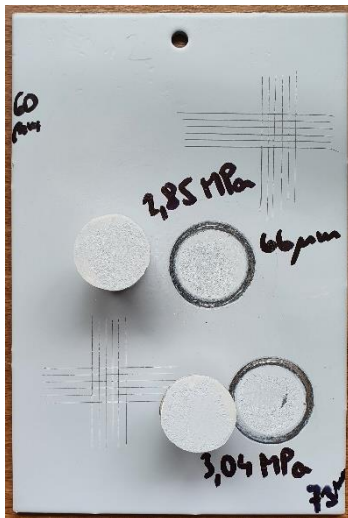






Příloha F – Snímky z měření odtrhovou zkouškou

Vzorek 2:



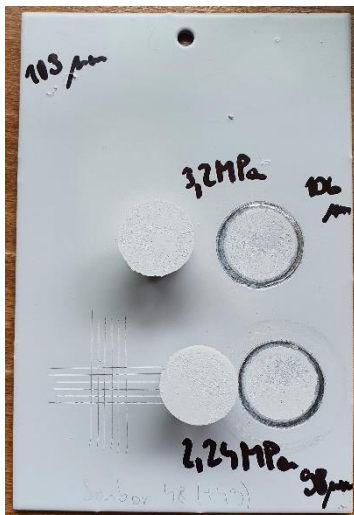
Vzorek 4:



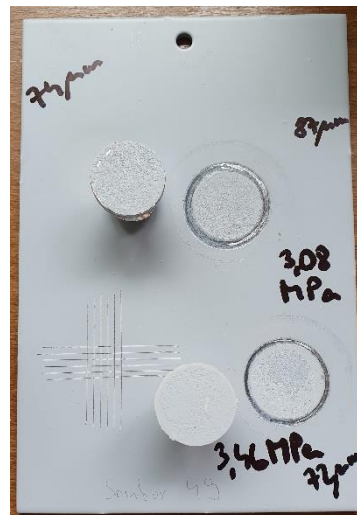
Vzorek 6:



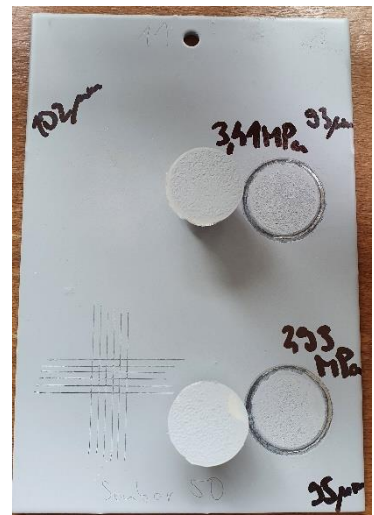
Vzorek 8:



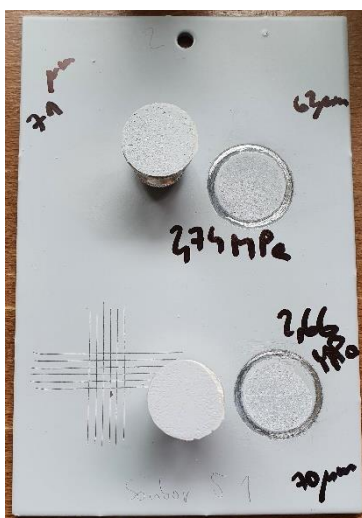
Vzorek 10:



Vzorek 11:



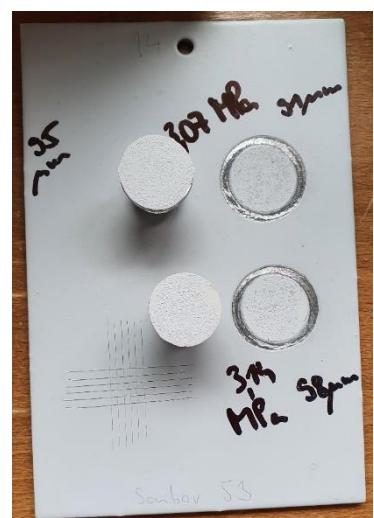
Vzorek 12:



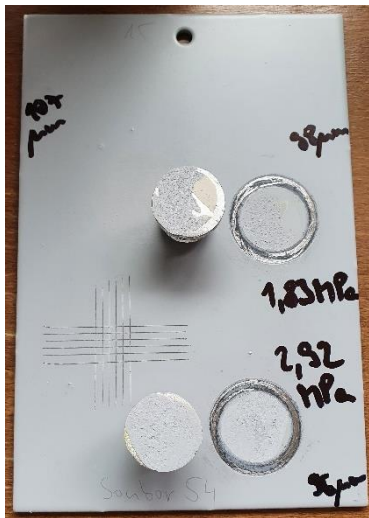
Vzorek 13:



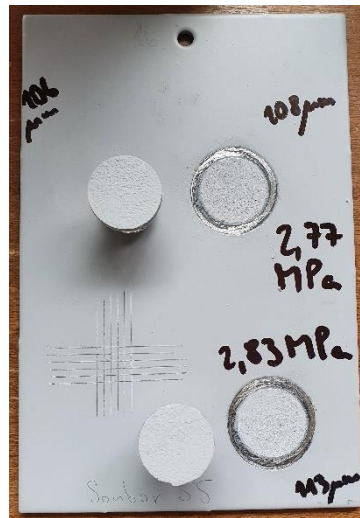
Vzorek 14:



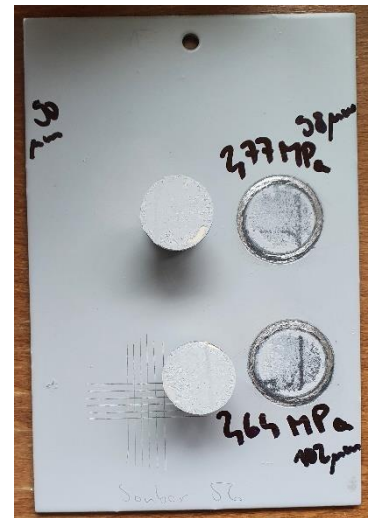
Vzorek 15:



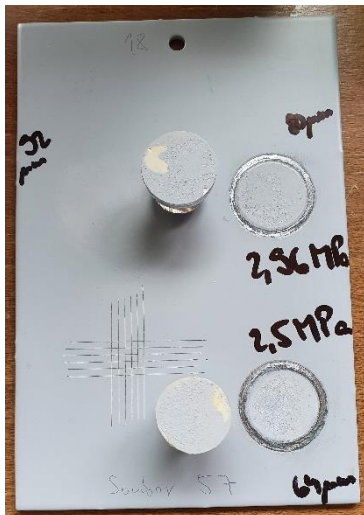
Vzorek 16:



Vzorek 17:



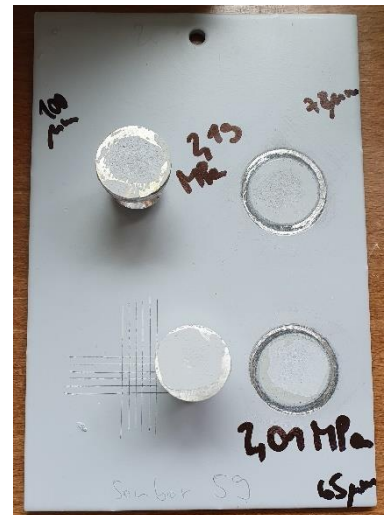
Vzorek 18:



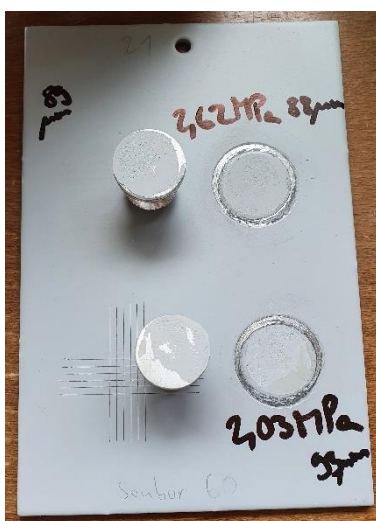
Vzorek 19:



Vzorek 20:



Vzorek 21:



Vzorek 22:



Vzorek 23:

