

Diagnostické metody pro charakterizaci pokožky

Marcela Coufalová

Bakalářská práce
2025



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav technologie tuků, tenzidů a kosmetiky

Akademický rok: 2023/2024

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Marcela Coufalová
Osobní číslo:	T21305
Studijní program:	B0711A130009 Materiály a technologie
Specializace:	Biomateriály a kosmetika
Forma studia:	Kombinovaná
Téma práce:	Diagnostické metody pro charakterizaci pokožky

Zásady pro vypracování

Vypracujte přehledovou rešerši diagnostických metod používaných k hodnocení vlastností pokožky *in vivo*.
Diskutujte používané metody při hodnocení vlivu kosmetologických přístupů na vybrané stavy pokožky.

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam doporučené literatury:

- [1] Agache, A., Humbert, P. Measuring the Skin. Springer Verlag 2004.
- [2] SERUP, J., B. JEMEC a G. L. GROVE. *Handbook of non-invasive methods and the skin*. 2. ed. Boca Raton: CRC/Taylor, 2006, 1029 s. ISBN 978-084-9314-377.
- [3] Qassem, M.; Kyriacou, P. Review of Modern Techniques for the Assessment of Skin Hydration. *Cosmetics* 2019, 6, 19. <https://doi.org/10.3390/cosmetics6010019>.
- [4] Nor Hazwani Mohd Ariffin, Rosnani Hasham.
- [5] Assessment of non-invasive techniques and herbal-based products on dermatological physiology and intercellular lipid properties. *Heliyon* 2020, 6, 5., e03955, ISSN 2405-8440, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03955>.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jana Pavlačková, Ph.D.
Ústav technologie tuků, tenzidů a kosmetiky

Datum zadání bakalářské práce: 5. února 2024
Termín odevzdání bakalářské práce: 17. května 2024

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

Ing. Lucie Urbánková, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

- odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění bez ohledu na výsledek obhajoby;
- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a bude dostupná k nahlédnutí;
- jedno vyhotovení bakalářské práce v listinné podobě bude ponecháno Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně k uložení;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – bakalářskou práci – nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá; neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji, že

- jsem na bakalářské práci pracoval(a) samostatně a použitou literaturu jsem řádně citoval(a); v případě publikace výsledků budu uveden(a) jako spoluautor;
- odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne

.....

podpis autora

ABSTRAKT

Bakalářská práce je zpracována jako přehledová rešerše vybraných neinvazivních *in vivo* bioinženýrských metod pro charakterizaci pokožky. V první části je pro lepší pochopení diagnostiky popsána stavba kůže a její funkce. Následuje popis vybraných způsobů dělení typů pokožky a jejich charakterizace. Výchoziskem pro rozdělení vybraných diagnostických metod je Baumann Skin Typing System, který kategorizuje pokožku podle parametrů hydratace, citlivost, pigmentace a stárnutí. Hlavní část je věnována jednotlivým metodám, jejich principům a způsobům měření včetně konkrétních měřicích přístrojů.

Klíčová slova: pokožka, diagnostické metody, *in vivo*, hydratace, transepidermální ztráta vody, pH, sebum, reliéf

ABSTRACT

The bachelor thesis is prepared as a review of selected non-invasive *in vivo* bioengineering methods for skin characterization. In the first part, the structure of the skin and its function are described for a better understanding of the diagnosis. This is followed by a description of selected methods of subdividing skin types and their characterization. The starting point for the division of the selected diagnostic methods was the Baumann Skin Typing System, which categorizes the skin according to the parameters of hydration, sensitivity, pigmentation and aging. The main part is devoted to the individual methods, their principles and measurement methods, including specific measuring devices.

Keywords: skin, diagnostic methods, *in vivo*, hydration, transepidermal water loss, pH, sebum, relief

Ráda bych zde poděkovala vedoucí mé bakalářské práce Ing. Janě Pavlačkové, Ph.D. za odborné vedení a rady, za její čas a rychlost konzultací, za důvěru, kterou ve mě vložila, a za trpělivost, se kterou se mi věnovala během celého zpracování této práce. Další dík patří mému manželovi a celé rodině za obrovskou trpělivost a podporu, bez které bych se nedostala až sem. A v neposlední řadě děkuji mé kamarádce Bc. Viktorii Komashka, která mi byla studijní oporou a partáčkou.

OBSAH

ÚVOD.....	11
1 KŮŽE.....	12
1.1 STAVBA KŮŽE.....	12
1.1.1 Pokožka	12
1.1.2 Škára.....	13
1.1.3 Podkožní vazivo	13
1.2 FUNKCE KŮŽE.....	13
1.3 KOŽNÍ BARIÉRA	14
1.3.1 Přirozený hydratační faktor	14
1.3.2 Transepidermální ztráta vody.....	15
2 HISTORICKÝ VÝVOJ A SOUČASNÁ PODOBA CHARAKTERIZACE POKOŽKY.....	16
3 DIAGNOSTICKÉ METODY <i>IN VIVO</i>	19
3.1 METODY PRO POSOUZENÍ PARAMETRŮ STAVU KOŽNÍ BARIÉRY	20
3.1.1 Měření TEWL	20
3.1.2 Měření hydratace.....	24
3.1.3 Měření množství kožního mazu	29
3.1.4 Měření pH povrchu kůže.....	32
3.2 METODY PRO POSOUZENÍ PARAMETRU CITLIVOSTI A PIGMENTACE	35
3.2.1 Měření erytému a pigmentace	35
3.2.2 Hodnocení projevů akné	38
3.3 METODY PRO POSOUZENÍ PARAMETRU STÁRNUTÍ POKOŽKY	40
3.3.1 Měření biomechanických vlastností kůže	40
3.3.2 Vizualizace a měření profilu kožního povrchu	45
ZÁVĚR	49
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	51
SEZNAM OBRÁZKŮ	60
SEZNAM TABULEK.....	61
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	62

ÚVOD

Spektrum péče o pokožku se neustále rozšiřuje, reaguje na zvyšující se nároky spotřebitelů a pro odborníky z oboru kosmetické péče je nevyhnutelné na tento progres reagovat. Volbu tématu ovlivnila má osobní profesní zkušenost, kdy se subjektivní vizuální nepřístrojová diagnostika pokožky ukázala jako nedostatečná pro výběr personalizované péče. Volbou vhodné neinvazivní *in vivo* metody ji ale lze zpřesnit, či zcela nahradit, a získat tak objektivní kvantifikované výsledky bez porušení integrity kůže v reálném čase.

Přehledy diagnostických metod a pokyny pro jejich správné provedení shrnuje ve svých pokynech Evropská skupina pro měření účinnosti kosmetiky a jiných topických přípravků (EEMCO – European Group for Efficacy Measurements on Cosmetics and Other Topical Products), Ty byly využity pro výběr metod charakterizovaných v bakalářské práci.

Cílem práce bylo vypracovat přehledovou rešerši neinvazivních *in vivo* diagnostických metod používaných k hodnocení stavu lidské pokožky, popsat jejich principy a vybrat konkrétní přístroje. Výsledný přehled současných metod může sloužit jako podklad pro odbornou diagnostiku v profesionálním kosmetickém prostředí.

1 KŮŽE

Kůže (latinsky *cutis*, řecky *derma*) je největší orgán těla. Plocha, které dosahuje u dospělého člověka, je průměrně 1,6–1,8 m² a připadá na ni asi 7 % tělesné hmotnosti. Její tloušťka je na různých částech těla rozdílná a pohybuje se v rozmezí 0,4–4 mm. Společně s přídatnými kožními orgány (mazové a potní žlázy, chlupy, nehty) tvoří celek nazývaný kožní systém [1]. V kosmetické terminologii je pro hodnocení kůže v oblasti obličeje často používán termín plet'.

1.1 Stavba kůže

Základní vrstvy kůže jsou pokožka (latinsky *epidermis*) a škára (latinsky *dermis*, řecky *corium*). Pod škárou se nachází podkožní vazivo (latinsky *hypodermis*, *tela subcutanea*) [1; 2].

1.1.1 Pokožka

Pokožka je vnější část kůže. Je tvořena několika vrstvami keratinocytů, melanocyty, Langerhansovými buňkami (buňky imunitního systému), Merkelovými buňkami a dalšími receptory [3].

Stratum basale (bazální vrstva) – nejnižše položená vrstva *epidermis*, která je od *dermis* oddělená bazální membránou (*lamina basalis*). Keratinocyty mají cylindrický tvar. Nepřetržitě se mitoticky dělí a nově vzniklé keratinocyty se posouvají směrem k povrchu pokožky, která se díky tomuto procesu pravidelně obnovuje v rozmezí 3–4 týdnů. V této vrstvě se také nacházejí melanocyty produkující melanin, který plní funkci ochrany kožních buněk před ultrafialovým (UV) zářením [3].

Stratum spinosum (ostnitá vrstva) – keratinocyty mají nepravidelný tvar s ostnatými cytoplazmatickými výběžky [3].

Stratum granulosum (vrstva zrnitých buněk) – keratinocyty jsou zploštělé, jsou v nich patrná keratohyalinová a lamelární granula a jejich jádra se rozpadají [3].

Stratum lucidum (vrstva jasných buněk) – tenká vrstva tvořená již zcela bezjadernými plochými keratinocyty. Tato vrstva se vyskytuje pouze v některých anatomických oblastech. Nejnápadnější je na chodidlech a dlaních [3].

Stratum corneum (SC, rohová vrstva) – vnější vrstva *epidermis* tvořená zploštěnými bezjadernými buňkami – korneocyty. Tvoří ji dvě části: *stratum conjunctum* – spodní kompaktní vrstva a *stratum disjunctum* – horní olupující se vrstva [3].

1.1.2 Škára

Dermis je tvořena pojivovou tkání ve dvou vrstvách – papilární a retikulární. Papilární vrstva *dermis* je dermoepidermální juncí spojena s *epidermis*. Je tvořena kolagenovými vlákny, fibroblasty, krevními cévami, nervy, receptory a buňkami imunitního systému. Retikulární vrstvu *dermis* tvoří síťovitá struktura kolagenových a elastinových vláken. Tato vlákna podporují strukturu kůže. Dále jsou zde krevní a lymfatické cévy, potní a mazové žlázy, vlasové folikuly, nervy a receptory [2].

1.1.3 Podkožní vazivo

Hypodermis, subcutis. Některé zdroje tuto vrstvu popisují jako nejspodnější část kůže, jiné jako vrstvu samostatnou, která připojuje kůži k fasciím nebo k okostici. Je tvořena adipocyty, fibroblasty, pojivovou tkání, krevními a lymfatickými cévami, zasahují do ní vlasové folikuly a potní žlázy. Její tloušťka je na různých anatomických částech těla rozdílná [2; 4].

1.2 Funkce kůže

Kůže odděluje vnitřní prostředí organismu od vnějšího okolí a plní řadu funkcí. Pro charakterizaci pokožky jsou důležité zejména funkce ochranná, sekreční a estetická. Funkce ochranná spočívá v ochraně organismu před vnějšími fyzikálními, chemickými a biologickými vlivy a před ztrátou vody z vnitřního prostředí organismu. Funkce sekreční zahrnuje tvorbu a vylučování mazu a potu. Funkce estetická je důležitá pro každého jedince, protože vzhledu kůže a její úpravy si všímáme jako jednoho z prvních znaků při vzájemném kontaktu [1]. „*Význam kůže jednoznačně přesahuje biologickou rovinu. Jako nositel individuální jedinečnosti zasahuje kožní kryt také do oblasti psychické a vztahové, odráží emoce a postoje, vstupuje do komunikace a vazeb k druhým lidem. Symptomy změn či onemocnění kůže odráží celkový vztah a mohou také představovat významné signály o situaci lidského bytí.*“ [1] Další funkce kůže jsou metabolická, exkreční, endokrinní, termoregulační, senzorická, imunologická a depotní [1].

1.3 Kožní bariéra

Funkční kožní bariéra na povrchu *SC* je předpokladem zdravé kůže. Její funkčnost znamená schopnost kůže chránit organismus před vstupem alergenů a patogenů (chemických látek, mikroorganismů apod.) z vnějšího prostředí a zároveň bránit nadměrné transepidermální ztrátě vody (TEWL) z kůže do vnějšího prostředí. Funkční kožní bariéra má schopnost se přirozeně obnovovat. Kožní bariéra plní funkci ochrany fyzikální, chemické, mikrobiologické a imunologické [5; 6].

Fyzikální ochrana je často představována tzv. systémem cihly a malty. Bezjaderné zploštělé korneocyty se zrohovatělým obalem představují cihly a maltu pak kožní lipidy (ceramidy, cholesterol a volné mastné kyseliny). Další složkou kožní bariéry je filagrin. Ten působí dvěma způsoby. Mechanicky zabraňuje TEWL a zároveň se jeho monomery na povrchu *SC* štěpí na aminokyseliny, které jsou součástí přirozeného hydratačního faktoru (NMF), udržují kyselé pH a chrání před UVB zářením [5; 6].

Chemickou složku ochranné funkce tvoří lipidy, NMF a sloučeniny udržující kyselé pH. Je důležitá pro optimální hydrataci a hodnotu pH. Kyselé pH kožního povrchu je nezbytné pro enzymatické procesy, které jsou nutné pro obnovu kožní bariéry, deskvamaci a metabolismus kožních lipidů [5; 6].

Mikrobiologická ochrana je zajištěna kožní flórou. Ta je závislá na mnoha faktorech, jako je pH, teplota, anatomická lokalita, hormonální stav a věk. Důležité je její vzájemné propojení s funkcí imunologickou. Společně zabraňují zvýšenému prostupu patogenů do pokožky [5; 6].

1.3.1 Přirozený hydratační faktor

Přirozený hydratační faktor je tvořen látkami hygroskopickými a hydrofilními, které fungují jako velmi účinné humektanty přitahující vodu z okolí. NMF je tvořen převážně volnými aminokyselinami a jejich deriváty, zejména kyselinou pyrrolidonkarboxylovou a kyselinou urokanovou. Dalšími složkami NMF jsou proteiny, anorganické soli, cukry, kyselina mléčná a močovina. Tyto látky jsou klíčové pro zadržování vody ve *SC* a s tím související hydrataci pokožky [6]. Přiměřená hydratace zajišťuje kožní plasticitu a elasticitu, ochranu před poškozením a umožňuje fungování hydrolytických enzymů při deskvamaci pokožky [7].

1.3.2 Transepidermální ztráta vody

Transepidermální ztráta vody je fyziologický proces, při kterém dochází k pasivní ztrátě vody z hlubokých vrstev *dermis* přes *epidermis* a *SC* do vnějšího prostředí v důsledku gradientu tlaku vodní páry na obou stranách kožní bariéry. Jedná se tedy o pasivní difúzi vody přes kožní bariéru, která je důležitou součástí metabolismu. U zdravé pokožky s funkční kožní bariérou je TEWL přímo úměrná hydrataci a dosahuje hodnot $4\text{--}10\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\text{h}^{-1}$ ($0,5\text{--}1,0\text{ mg}\cdot\text{cm}^{-2}\text{h}^{-1}$), což odpovídá asi 500 ml za den. Při poškození kožní bariéry se tyto hodnoty mohou zvýšit až třicetkrát. Taková pokožka je potom křehká, dehydratovaná a podrážděná [8].

Hodnoty TEWL ovlivňují různé faktory okolního a vnitřního prostředí. Z vnějších faktorů jsou to vlhkost, teplota a proudění vzduchu okolního prostředí. Pokud je v okolním prostředí vlhkost vyšší, poklesne gradient tlaku vodní páry a důsledkem toho se sníží i TEWL. Mezi vnitřní faktory ovlivňující TEWL patří kvalita kožní bariéry, nerovnováha NMF, aktivita potních žláz, teplota kůže nebo rozdílná velikost korneocytů v různých anatomických oblastech. Čím je velikost korneocytů menší, tím vyšší je TEWL v této oblasti [9].

2 HISTORICKÝ VÝVOJ A SOUČASNÁ PODOBA CHARAKTERIZACE POKOŽKY

Z historie je známá především diagnostika pleti, která se hrávala významnou roli při výběru vhodného kosmetického přípravku pro konkrétního jedince. Od počátku 20. století bylo používáno rozdělení čtyř typů pleti podle Heleny Rubinstein, jež definovala pleť suchou, mastnou, kombinovanou a citlivou. Tato definice typů pleti však nezohlednila možnost, že některá pokožka může vykazovat znaky více typů buď v různých anatomických oblastech nebo v různých časových obdobích. S rychle se rozvíjícím kosmetickým průmyslem proto přestalo být toto rozdělení dostačující. Na počátku 21. století přišla s novým pojetím dělení typů pleti americká vědkyně Leslie Baumann. Vytvořila metodu Baumann Skin Typing System s celkem šestnácti typy pleti (Tabulka 1), ve které se vzájemně prolínají čtyři hlavní parametry – hydratace, citlivost, pigmentace a stárnutí pokožky. Podle těchto parametrů posuzuje pleť jako mastnou versus suchou, citlivou versus odolnou, pigmentovanou versus nepigmentovanou a na vrásčitou versus napjatou (Tabulka 2). Baumann při klasifikaci vychází také z toho, že typ pokožky není dán trvale, ale jde o aktuální stav, který je ovlivněn mnoha vnitřními i vnějšími faktory – hormonální rovnováhou, psychickým zdravím, užíváním léků, ročním obdobím, kontaktem kůže s dráždivými látkami [10; 11].

Tabulka 1 Klasifikace typů pleti podle BSTS

Typ pleti	Odolná (O) Pigmentovaná (P)	Odolná (O) Nepigmentovaná (N)	Citlivá (C) Pigmentovaná (P)	Citlivá (C) Nepigmentovaná (N)	Typ pleti
Suchá (S)	SOPT	SONT	SCPT	SCNT	Napjatá (T)
Suchá (S)	SOPV	SONV	SCPV	SCNV	Vrásky (V)
Mastná (M)	MOPT	MONT	MCPT	MCNT	Napjatá (N)
Mastná (M)	MOPV	MONV	MCPV	MCNV	Vrásky (V)

(zdroj: [11])

Tabulka 2 Parametry pro posouzení pleti podle BSTS a jejich stupnice

Parametr	Hydratace	Citlivost	Pigmentace	Stárnutí
Stupnice	Velmi suchá Mírně suchá Kombinovaná Mírně mastná Velmi mastná	Velmi citlivá Poněkud citlivá Poněkud odolná Velmi odolná	Pigmentovaná Nepigmentovaná	Vrásčitá Napjatá

(zdroj: [11])

Podle parametru hydratace je pokožka klasifikována na následující typ [10]:

- mastný – pokožka se zvýšenou produkcí mazu.
- suchý – příčinou suché pokožky je nedostatek vody ve *SC*, související s kvalitou kožní bariéry a hodnotou TEWL.
- normální – produkce kožního mazu i obsah vody ve *SC* jsou v normě.
- kombinovaný – pokožka se v různých oblastech projevuje jako suchá, v jiných jako mastná.

Podle parametru citlivosti systém popisuje čtyři typy citlivé pleti [10]:

- typ S1 – pokožka náchylná k tvorbě otevřených a uzavřených komedonů, známá také jako typ akné.
- typ S2 – pokožka náchylná k začervenání působením vnitřních nebo vnějších faktorů, např. tepla, kořeněného jídla, emocí nebo vazodilatace, známá také jako typ *rosacea*.
- typ S3 – pokožka s projevy pálení, svědění nebo štípání na základě různých příčin.
- typ S4 – pokožka náchylná k rozvoji kontaktní nebo dráždivé dermatitidy v závislosti na narušené kožní bariéře.

Parametr pigmentace popisuje dva typy pleti [10]:

- pigmentovaná pokožka – projevuje se poruchami pigmentace různého původu, které způsobují nerovnoměrné rozptřeni melaninu v pokožce. Patří sem např. melasma, chloasma, solární lentigo, pozánětlivé hyperpigmentace, vitiligo.

- nepigmentovaná pokožka – pokožka s jednotným tónem, bez projevů poruch pigmentace.

Parametr stárnutí je charakterizován výskytem vrásek jako jedním z projevů stárnutí. Stárnutí pokožky je důsledkem kombinace vnitřních a vnějších faktorů, např. genetických, hormonálních, fotostárnutí, životní styl (kouření, strava). Jedním z projevů stárnutí je tvorba vrásek a podle BSTS je charakterizována jako [10]:

- vrásčitá – na pokožce jsou patrné vrásky.
- napjatá – pokožka bez vrásek.

3 DIAGNOSTICKÉ METODY *IN VIVO*

Interdisciplinární přístup mnoha oborů, jako jsou dermatologie, kosmetologie, analytické vědy a instrumentální techniky, vedl k vývoji různých nástrojů používaných pro porozumění strukturního uspořádání a funkčních charakteristik kůže.

Diagnostika se provádí různými metodami. Ty se od sebe liší způsobem a náročností provedení, principem a také přesností naměřených výsledků. Diagnostické metody pro charakterizaci pokožky mohou být rozděleny podle různých hledisek, například podle narušení integrity kůže na invazivní (biopsie) a neinvazivní, podle způsobu provedení na přístrojové a bez použití přístrojů (kompresně rotační test), podle principu měření na metody elektrické, fotoakustické technologie, měření pomocí magnetického pole, optické atd.

V této práci jsou popsány vybrané neinvazivní *in vivo* bioinženýrské metody pro hodnocení vlastností kůže, které zpřesňují nebo nahrazují subjektivní nepřístrojové hodnocení pleti. Přesné kvantitativní hodnocení biomechaniky kůže pomocí bioinženýrských metod je užitečné nejen pro charakterizaci stavu pokožky v oboru kosmetologie, ale využívá se také pro hodnocení některých kožních onemocnění a pro sledování účinnosti terapeutických, estetických či kosmetických intervencí.

Protože výsledky měření mohou být ovlivněny a zkresleny mnoha faktory, je nezbytné pro získání objektivních kvantitativních výsledků, zejména pro studie experimentálního charakteru, tyto faktory vyloučit a zajistit pro měření jednotné optimální podmínky [12].

Vybrané zásady pro hodnocení bioinženýrskými *in vivo* metodami jsou [12; 13]:

- vyloučit vzájemné interakce mezi použitou metodou a testovaným produktem nebo postupem.
- kalibrovat přístroje před měřením podle referenčních hodnot nebo podle vnitřních standardů.
- znát citlivost, reprodukovatelnost a variabilitu měřených parametrů.
- věnovat pozornost výběru dobrovolníků (věk, pohlaví, typologie atd.) a testovacího místa na těle.
- provádět měření v klimatizovaných prostředích se stálou teplotou a vlhkostí prostředí.
- adekvátně připravit pokožku před měřením.

- označit lokalitu pro opakovaná měření.
- informovat měřené osoby o nutnosti dodržování předem smluvených podmínek péče o měřenou oblast.

Ideální diagnostická metoda by měla splňovat několik požadavků [12; 13; 14]:

- být neinvazivní, aby bylo možné provádět více měření opakovaných po sobě bez poškození kůže.
- poskytnout kvantitativní výsledky měření pro objektivní posouzení.
- výsledky měření poskytnut rychle, v reálném čase.
- neovlivňovat spontánní průběh případného kožního onemocnění.
- být reprodukovatelná, použitelná pro měření kdekoli na světě.

Skupina EEMCO se snaží nabídnout komplexní technické pokyny. Oblasti, kterými se zabývá, jsou suchá kůže a xeróza, hydratace *SC*, TEWL, barva, biomechanické vlastnosti, topografie, mastnota, pH kůže a prokrvení kůže [13; 14].

Pro rozdělení a výběr diagnostických metod v této práci bylo jako kritérium použito hodnocení typologie kůže podle čtyř parametrů popsaných Leslie Baumann v kapitole 2.

3.1 Metody pro posouzení parametrů stavu kožní bariéry

Jak je popsáno v kapitole 1.3, souvisí kvalita kožní bariéry s parametry pH kožního povrchu, TEWL, hydratací *SC* a množstvím kožního mazu. Měření TEWL a hydratace *SC* jsou základními a nejčastěji měřenými parametry při kožní diagnostice. Pokožka je dle BSTS klasifikována podle parametru hydratace na mastnou, suchou a normální. Z tohoto pohledu je vhodné zařadit do této kategorie i měření kožního mazu [5; 6; 10].

3.1.1 Měření TEWL

Měření TEWL je nepřímou metodou neinvazivního měření *in vivo*. Měřenou hodnotou je tok vodní páry ve vzduchu nad *SC*. Množství odpařující se vody z povrchu pokožky je závislé na dvou faktorech. Na množství vody prostupující na povrch *SC* a na rychlosti jejího odpařování z povrchu *SC*. Rychlost odpařování přímo závisí na podmínkách okolního prostředí, jako jsou teplota, vlhkost a rychlost proudění vzduchu [9]. Pokyny EEMCO popisují neinvazivní *in vivo* měření TEWL jako metody vhodné nejenom pro obory

kosmetického výzkumu a testování, ale také pro základní výzkum ve farmaceutických, klinických a toxikologických oborech a studiích [8].

Měření TEWL, prováděné pro účely studie, má probíhat v klimatizované místnosti s kontrolovanou teplotou 18–22 °C a relativní vlhkostí okolo 50 %. Důležitá je pravidelná kalibrace a příprava přístroje, jehož součástí je tewametrická sonda. Je třeba dbát na její zprovoznění po dobu nejméně 15 minut před zahájením samotného měření a dodržovat techniku vlastního měření – přikládat sondu ke kožnímu povrchu horizontálně s konstantním tlakem [9].

Významná je také příprava a chování osob účastnících se měření. Hodnoty negativně ovlivňuje pocení, teplota a anatomická lokace místa měření. Proto je potřebná aklimatizace osob v místnosti s teplotou 20–22 °C po dobu 15–30 minut. Při provádění testů se pro měření často volí volární strana předloktí, pro charakterizaci pokožky je vhodné měření provádět přímo v diagnostikované oblasti [9].

Ztráta vody je fyziologický proces, jak je popsáno v kapitole 1.3.2 a jako pasivní difúzi vody přes SC ji fyzikálně popisuje první Fickův zákon vyjádřený vztahem (1). Hustota toku vodní páry J je přímo úměrná záporné hodnotě gradientu koncentrace $\frac{\Delta c}{\Delta d}$. Difuzní koeficient D je konstanta specifická pro jednotlivé látky. Je třeba vzít v úvahu, že SC není inertní membránou, ale vykazuje určitou afinitu k vodě, proto musí být Fickův zákon upraven zavedením rozdělovacího koeficientu K_m v rovnici (**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**), jehož numerická hodnota je 0,6 [9; 15; 16].

$$J = -K_m \cdot D \frac{\Delta c}{\Delta d} \quad (1)$$

$$K_m = \frac{\text{koncentrace vody ve spodní vrstvě stratum corneum}}{\text{koncentrace vody v mezibuněčném prostoru epidermis}} \quad (2)$$

K měření mohou být použity sondy různé konstrukce – sondy s uzavřenou, otevřenou nebo ventilovanou komůrkou, s různými počty senzorů snímajících vlhkost a teplotu. Pro měření na různých částech těla (vlasová pokožka, oční víčka) se používají komůrky s různými průměry. Podle naměřených hodnot v jednotkách $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ se stanoví kvalita kožní bariéry (Tabulka 3) [16; 17].

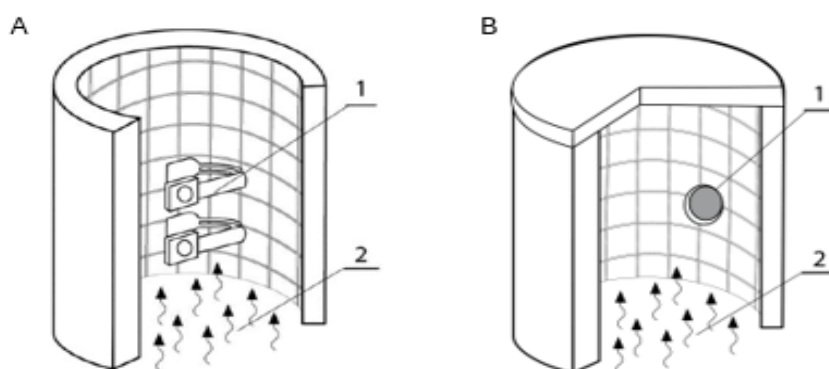
Tabulka 3 Interpretace výsledků hodnot TEWL

Interpretace výsledků hodnot TEWL	Hodnota TEWL [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$]
Velmi zdravá pokožka	0–9
Zdravá pokožka	10–14
Normální pokožka	15–24
Napnutá pokožka	25–30
Pokožka v kritickém stavu	>30

(zdroj: [16])

- Metoda otevřené komůrky**

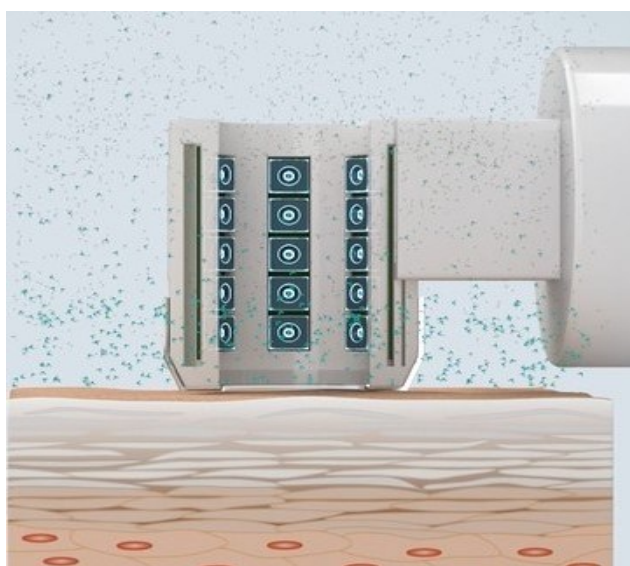
V metodě otevřené komůrky je měřen gradient tlaku vodní páry ve dvou výškách nad povrchem kůže. To umožňuje vyhodnotit účinnost formulací, jejichž účinek závisí na okluzi. Metoda měření je založena na Fickově difuzním zákoně (1). Těsně nad povrchem kůže je koncentrace vodních par nejvyšší a směrem k horní části měřicí sondy se snižuje. Uvnitř sondy jsou umístěny měřicí sensory s čidly pro zaznamenávání koncentrace vodních par a teploty (Obrázek 1A). Z naměřených hodnot je vypočtena hodnota TEWL. Výhodou metody otevřené komůrky je, že nedochází k ovlivnění mikroklimatu povrchu pokožky a je tedy možné kontinuální měření. Nevýhodou je naopak ovlivnění výsledků okolními vlivy, zejména prouděním vzduchu [8].



Obrázek 1 Sondy pro měření TEWL. A – s otevřenou komůrkou, B – s uzavřenou komůrkou. (1 – čidla relativní vlhkosti a teploty, 2 – povrch kůže)

(zdroj: [18])

Na takovém principu byla vyvinuta sonda Tewameter® TM 300 německé firmy Courage + Khazaka [18]. V současnosti je přístroj nahrazen novějším modelem Tewameter® TM Hex, který obsahuje 30 párů senzorů vlhkosti a teploty, díky čemuž je možno získat přesnější výsledky (Obrázek 2). Přístroj kromě TEWL měří i místní energetickou bilanci pokožky (rozdělenou na chlazení odpařováním a difúzi tepla) vyjádřenou v jednotkách $W \cdot m^{-2}$ a koncentrace vodní páry (absolutní vlhkost) z kůže a okolního prostředí v jednotkách $g \cdot m^{-3}$ [19].



Obrázek 2 Řez sondou přístroje Tewameter® HEX

(zdroj:[19])

Metodu otevřené komůrky ve své sondě používá i dánská firma Cortex Technology v systému DermaLab [9].

- **Metoda uzavřené komůrky**

Sonda má tvar válce s jednou uzavřenou stranou a s jednou otevřenou stranou, kterou se přikládá k pokožce. Sensory umístěné uvnitř sondy měří koncentraci vodní páry nahromaděné v komůrce. Po každém měření musí být sonda sejmuta z povrchu pokožky, aby došlo k uvolnění těchto nahromaděných par. Měření tedy není kontinuální. Výhody této metody jsou takové, že výsledky neovlivňuje vnější proudění vzduchu, měření lze provádět v jakémkoliv úhlu a rychlosti jednotlivých měření (7–12 sekund) [20].

Na principu uzavřené komůrky je založen přenosný bezdrátový přístroj VapoMeter® finské firmy Delfin Technologies Ltd. Ten nevyžaduje kalibraci a jednotlivá měření trvají

10 sekund. Sonda v uzavřené komůrce obsahuje jeden senzor snímající vlhkost (Obrázek 1B) [20].

- **Metoda kondenzační komůrky**

U této metody je vrchní uzavřená část komůrky chlazena kondenzátorem na teplotu pod bodem mrazu vody a dochází zde ke kondenzaci vodní páry. Díky tomu nedochází uvnitř komůrky ke zvyšování relativní vlhkosti a měření je možné provádět kontinuálně. Princip měření je stejný jako u metody s otevřenou komůrkou [8].

Zařízení AquaFluxTM AF200 od anglické firmy Biox Systems Ltd poskytuje díky tomuto principu měření nezávislá na teplotě a kontaktním tlaku. Horní část komůrky je uzavřena kondenzátorem, chlazeným na $-7,96\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sensory pro měření vlhkosti a teploty jsou umístěny v otvoru ve stěně komůrky a nedochází tak k jejich znečištění, případně vychýlení. Rychlost jednotlivého měření určuje software na základě splnění předem nastavených kritérií měření [21].

- **Metoda ventilované komůrky**

Sonda s ventilovanou komůrkou je v horní části překryta mřížkou. Ta je propustná pro vodní páry a zároveň chrání senzory před vlivem podmínek okolního prostředí. Výhodou je, že při měření nedochází k hromadění vodních par uvnitř komůrky a tím k ovlivňování mikroklimatu povrchu kůže [15].

3.1.2 Měření hydratace

Hydratace pokožky je chápána jako obsah vody vázané v kožních buňkách. Má přímou souvislost s kvalitou kožní bariéry a TEWL. Přítomnost vody v kůži je zásadní pro zachování vlastností a funkcí SC a kožní bariéry [22]. Obsah vody v blízkosti SC je okolo 10 % [23]. U suché pleti je porušena kožní bariéra. Kvůli tomu dochází ke zvýšené ztrátě vody ze SC a následně k dehydrataci pokožky, k oslabení její ochranné funkce a schopnosti obnovy. Měření hydratace patří mezi základní metody posuzování pokožky v dermatologické a kosmetologické praxi. Používá se k hodnocení stupně hydratace pokožky, k monitorování účinnosti terapie nebo také k ověřování hydratační účinnosti kosmetických přípravků.

K provádění přesných a reprodukovatelných měření je třeba dodržovat určité zásady. Sonda se přikládá kolmo ke kůži s mírným konstantním tlakem dosaženým díky pružině

umístěné uvnitř sondy. Z měřené oblasti je třeba odstranit případné nadměrné ochlupení. Mezi jednotlivými měřeními stejné oblasti je nutný odstup alespoň 5 sekund. Měření se provádí celkem třikrát (jedenkrát na třech vzájemně blízkých místech). Mezi jednotlivými měřeními je nutné čistit povrch sondy. V místnosti je třeba udržovat teplotu 20–22 °C, vlhkost 40–60 % a minimalizovat proudění vzduchu. Dobrovolníka i sondu je zapotřebí aklimatizovat v těchto podmínkách po dobu 20 min před začátkem měření [23].

Široce používané metody pro stanovení hydratace pokožky *in vivo* jsou elektrické metody založené na elektrických vlastnostech tkáně a vody. Pro celkové zhodnocení kvality hydratace pokožky jsou tyto metody kombinovány s měřením TEWL popsáním v kapitole 3.1.1 [23]. Dále je možno použít metodu kalorimetrickou nebo 2D mapování hydratace pokožky.

- **Elektrické metody**

Jejich princip lze vysvětlit zjednodušeným elektrickým modelem kůže, který funguje jako rezistor (odpor) paralelně zapojený s kondenzátorem, z něhož lze vypočítat hodnotu impedance [22; 24]. Rovnice (3) popisuje závislost hodnoty impedance Z na příspěvku odporu R a kapacity C při aplikaci střídavého proudu o frekvenci f .

$$Z = (R^2 + \frac{1}{2} \pi f C^2)^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

Z toho vyplývá, že je možné stanovit i další elektrické parametry, jako je kapacita a vodivost (konduktivita) pomocí impedometrických zařízení při použití elektrod s aplikovaným střídavým proudem [22]. Je třeba neopomenout fakt, že jakákoliv polární látka přítomná na povrchu kůže může být přístrojem zhodnocena jako voda a zkreslit výsledky měření [25].

Měření vodivosti

Tato metoda je založena na odezvě vodivosti kůže, označované také jako elektrodermální aktivita, jejíž hodnota se lineárně mění s obsahem vody ve SC . Měření vodivosti je však na rozdíl od měření kapacity ovlivněno přítomností elektrolytů [22].

Na tomto principu je založen přístroj Skicon–200EX® japonské společnosti IBS Co., který měří vodivost v jednotkách μS (Siemens) po aplikaci vysokofrekvenčního proudu 3,5 MHz [26].

Měření impedance

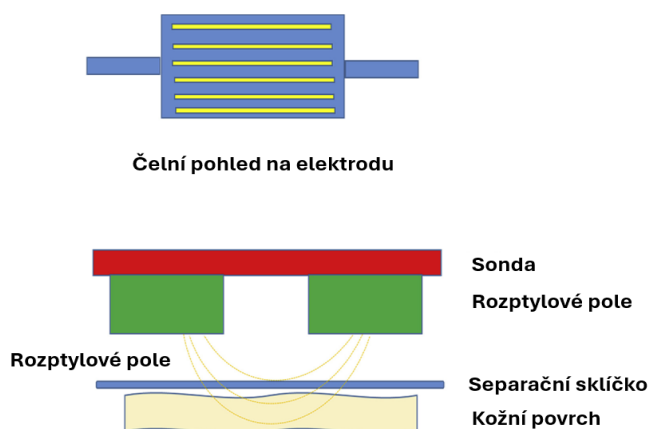
Elektrický odpor kůže se zvyšuje s dehydratací *SC* a je ovlivněn složením a metabolickou aktivitou kůže. S vyšším obsahem vody ve *SC* dochází k nárůstu dielektrické konstanty a vodivých drah a je pozorován pokles impedance. Impedance se také mění v závislosti na frekvenci střídavého proudu. Ta se pro měření elektrického odporu kůže volí v rozsahu hodnot 0,1–1000 Hz [22].

Na základě biologické impedance funguje přístroj SkinUp® brazilské firmy SkinUp Beauty Devices [26].

Z publikace [22] vyplývá, že zařízení založená na kapacitě, jako je korneometr, mají sníženou citlivost pro monitorování vysokých hodnot hydratace a zařízení založená na vodivosti mají sníženou citlivost pro nízké hodnoty. To může naznačovat, že samotné elektrické techniky nemusí být dostatečné pro spolehlivé měření úrovně hydratace.

Měření kapacity

Principem této metody je vlastnost kůže chovat se jako dielektrikum. Při umístění kůže mezi dvě rozdílně nabitě elektrody (Obrázek 3) se bude hodnota kapacity měnit podle její permitivity. Dielektrická konstanta vody je vysoká, nejčastěji se uvádí hodnota 81. Ve srovnání s jinými látkami je tedy mnohem silnější při zvyšování kapacity. Kapacita kůže je přímo úměrná obsahu vody, a tedy čím vyšší je úroveň hydratace ve *SC*, tím vyšší je naměřená kapacita. To umožňuje měřit jakékoli změny v hydrataci pokožky přesným měřicím kondenzátorem. Tyto změny obsahu vody ve *SC* se převádějí u jednotlivých přístrojů na libovolné jednotky hydratace [24].



Obrázek 3 Ilustrace principu měření Corneometer® CM 825

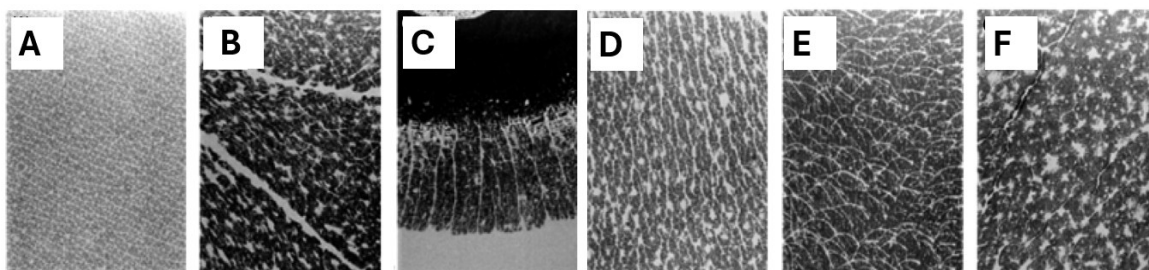
(zdroj: [16])

Jako reprezentativní zástupce pro měření hydratace byl vybrán Corneometer® CM 825 německé firmy Courage + Khazaka. K měření dielektrické konstanty pokožky využívá kapacitní senzory. Na hlavě sondy je jemné sklo, které zajišťuje identifikaci změny kapacity pouze v důsledku obsahu vody. Doba měření je pouze 1 sekunda, díky čemuž jsou minimalizovány okluzní účinky. Hloubka měření 10–20 μm zajišťuje, že výsledek neovlivňuje obsah vody v hlubších vrstvách kůže. Výsledek naopak může ovlivnit například použitý kosmetický přípravek. Hlava sondy obsahuje pružinu k zajištění konstantního tlaku na pokožku pro získání přesných a reprodukovatelných výsledků. Nízká hmotnost sondy a malá měřicí plocha 49 mm^2 umožňují snadné měření hydratace na různých anatomických částech těla. Frekvence měření je 0,9–1,2 MHz. Tento přístroj je považován za relevantní nástroj pro kompletní analýzu a kvantifikaci hydratace kožního povrchu a je doporučován pokyny skupiny EEMCO [22; 28].

2D mapování hydratace pokožky elektrickou kapacitní multisenzorovou sondou

Kožní reliéf a rozložení potních žláz s rozdílnou aktivitou jsou proměnlivé faktory, které mají za následek nerovnoměrné horizontální rozložení vody v pokožce. 2D mapování povrchové hydratace pokožky pomocí multikapacitních senzorů umožňuje měřit spolehlivější průměrnou hodnotu kapacitance kůže a je tedy novou možností chápání hydratace pokožky [25].

Tuto metodu zobrazení využívá zařízení SkinChip® francouzské firmy L'Oréal. Přístroj umožňuje vizualizaci horizontální distribuce vody v různých anatomických oblastech (Obrázek 4) pomocí sondy se 360 $\times$ 256 mikrosenzory umístěnými v plochem snímači o rozměrech 18 $\times$ 12,8 mm. Každý mikrosenzor měří elektrickou kapacitu v kontaktním místě integrovaném do mapy. Horizontální hydratační mapa odráží fyzický kontakt senzorů s reliéfem povrchu kůže [25].



Obrázek 4 Zobrazení horizontální distribuce vody přístrojem SkinChip®. A–E 1 žena: A, volární předloktí; B, vrásky očního okolí; C, sliznice rtů a úst; D, oblast pod bradou; E, tvář. F, tvář starého muže (pro porovnání s E)

(zdroj: [25])

Kapacitní zobrazování v zařízení MoistureMap® MM 200 německého výrobce Courage + Khazaka je založeno na výše uvedeném zařízení SkinChip® firmy L'Oréal. Na čipu snímače o rozměrech $1,8 \times 1,28$ mm je umístěno přibližně 90 000 kondenzátorových článků. Senzor je pokryt ochrannou vrstvou oxidu křemíku oddělující kapacitní prvky – senzory na jedné straně a kůži na druhé straně izolační fólie. Zvýšená hladina vody ve SC je bodovým senzorem zaznamenána jako zvýšená kapacita, která způsobí, že výsledný pixel čtený tímto senzorem bude tmavší (na stupnici 255 stupňů šedi), zatímco pokles vody ve SC sníží kapacitu a výsledný pixel bude světlejší. MoistureMap ukazuje relativní distribuci hydratace na povrchu pokožky, nikoli absolutní hodnoty [25; 29].

Dalším multisenzorovým přístrojem s principem měření kapacitního odporu kůže, založeném na patentu SkinChip®, je zařízení Epsilon™ E100 anglické provenience Biox Systems Ltd. Přístroj disponuje vysokým počtem snímacích prvků (76800) uspořádaných v obdélníkovém poli ($12,8 \text{ mm} \times 15 \text{ mm}$), kdy každý senzor měří plochu $50 \times 50 \text{ }\mu\text{m}$ a reaguje na dielektrickou permitivitu kůže. Hloubka snímání $<5 \text{ }\mu\text{m}$ je optimální pro měření hydratace SC bez ovlivnění přítomnosti vody v hlubších vrstvách kůže. Získané kvantitativní výsledky jsou zároveň zpracovány do obrazové podoby [30].

- **Optické metody**

Tyto metody využívají optické vlastnosti tkání. Patří sem nukleární magnetická rezonance (NMR), blízká infračervená spektroskopie (NIRS), Ramanova spektroskopie a optická koherentní tomografie. Blíže popsány jsou první dvě jmenované metody [22].

Spektroskopie nukleární magnetické rezonance

Spektroskopie nukleární magnetické rezonance je metoda přímého měření hydratace kůže, která je založena na absorpci radiofrekvenčního elektromagnetického záření jádry atomů vodíku v magnetickém poli. Touto metodou je měřen celkový obsah vody v *epidermis* a retikulární části *dermis*. Protože se jedná o přímé měření obsahu vody v kůži, je NMR vhodnou referenční metodou pro měření ve studiích. Nevýhodou této metody je vysoká hmotnost zařízení a omezení měřené oblasti na volární předloktí [31; 32].

Na principu NMR je založen přístroj NMR-MOUSE německého výrobce ACT-Magritek GmbH [33].

Blízká infračervená spektroskopie

Blízká infračervená spektroskopie pokrývá oblast vlnových délek 780–2500 nm. V této oblasti vykazuje kůže nízkou intenzitu fluorescence a nízké koeficienty absorpce a rozptylu světla. Spektrum NIR pokožky je charakteristické přítomností absorpčních pásů, jejichž intenzita je úměrná obsahu vlhkosti v pokožce [34].

Zástupcem NIR spektroskopie je přístroj NIRONE S2.2 německé společnosti Spectral Engines GmbH. Jeho spektrální rozsah je 1750–2150 nm [34].

- **Kalorimetrická metoda**

Přechodový přenos tepla je metoda, jejímž principem je výměna tepla mezi dvěma objekty, které jsou v přímém kontaktu. Sonda přístroje přenáší generovaný konstantní tepelný pulz do kůže. Následné změny teploty pokožky jsou úměrné množství přítomné vody. Změnou parametrů tepelného výkonu je měřena hydratace v zevních, středních i hlubokých vrstvách *epidermis*. Výhodou tohoto způsobu měření je, že výsledky neovlivňují produkty aplikovanými na kůži [31; 32].

Zástupcem kalorimetrické metody, který je díky svým malým rozměrům vhodným i pro měření v oblasti očních víček, rtů a nehtů, je přístroj Hydrascan® francouzského výrobce Laboratoire Dermascan [31].

3.1.3 Měření množství kožního mazu

Mazové (sebaceózní) žlázy se na většině těla nachází v blízkosti vlasového folikulu. V takovém případě do tohoto folikulu ústí a tvoří s ním tzv. pilosebaceózní jednotku. V některých anatomických oblastech ústí mazové žlázy přímo na povrch pokožky, např. na penisu či očních víčkách. Mazové žlázy jsou uloženy v *dermis*, jejich povrch je však tvořen keratinocyty (buněkami *epidermis*). Velikost a množství mazových žláz se liší v různých anatomických oblastech a také u každého jedince. Nej hustěji se vyskytují v oblasti obličeje, ve vlasové části hlavy, na hrudníku a zádech. Absence mazových žláz je na ploskách nohou a dlaních. Pokyny EEMCO pro hodnocení mastnoty kůže popisují aktivitu mazových žláz jako čtyři odlišné složky: produkce mazu, ukládání, výstup na povrch pokožky a permeace SC [35].

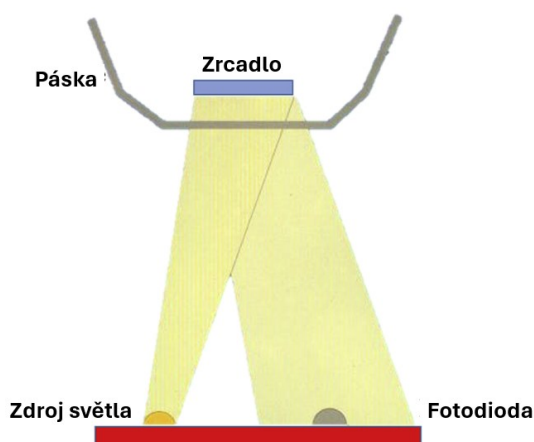
Kožní maz (*sebum*) je produktem mazových žláz. Jeho součástí jsou buňky s porušenými membránami a s nimi lipidy uvolněné z těchto buněk. Protože na povrchu kůže, vlasů a chlupů tvoří kožní maz jemný ochranný film, omezující vysychání a nadměrné

olupování, je jeho hlavní funkce ochranná. Jako součást NMF a kožní bariéry chrání pokožku před zvýšenou ztrátou vody, před působením patologických mikroorganismů a zároveň také podporuje saprofytickou mikroflóru kožního povrchu. Množství a kvalita kožního mazu se liší u každého jedince podle pohlaví, anatomických oblastí a cirkadiálního rytmu. Sekrece kožního mazu počíná v pubertě, je nepřetržitá a hormonálně regulovaná. Poruchy sekrece a kvality mazu se mohou na povrchu pokožky projevovat různě [1; 36].

- **Fotometrie**

Existují různé typy přístrojů využívajících ke snímání kožního mazu materiál, který se po absorpci mazu stává průsvitným. Používají se opalescentní skleněné nebo safírové destičky či proužek ze speciálního papíru nebo plastu s danou opacitou vůči světlu. Při měření je destička po definovanou dobu přiložena na kůži a poté vložena do sebumetru. Přístroj vyhodnotí počet skvrn, jejich velikost a celkovou plochu absorbovaného mazu. Transparentnost se zvyšuje s množstvím absorbovaného mazu. Výhodou sebumetrického měření je jednoduchost a rychlost provedení [35; 37].

Fotometrie mastných skvrn je principem měření přístroje Sebumeter® SM 815 německé firmy Courage + Khazaka. V měřicí hlavě přístroje je umístěna kazeta s páskou, která se pro každé měření posouvá na novou část, a pružina pro zajištění konstantního přitlaku pásky k pokožce silou 10 N. V základně přístroje je zdroj světla a fotodioda pro měření světla odraženého a prošlého páskou (Obrázek 5). Množství mazu je vyjádřeno v jednotkách $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ (Tabulka 4). Páska absorbuje pouze maz, nikoliv vodu, která by mohla zkreslit výsledné hodnoty, což je vedle rychlosti a snadnosti měření výhodou této metody [38].



Obrázek 5 Ilustrace principu měření přístrojem Sebumeter® SM 815

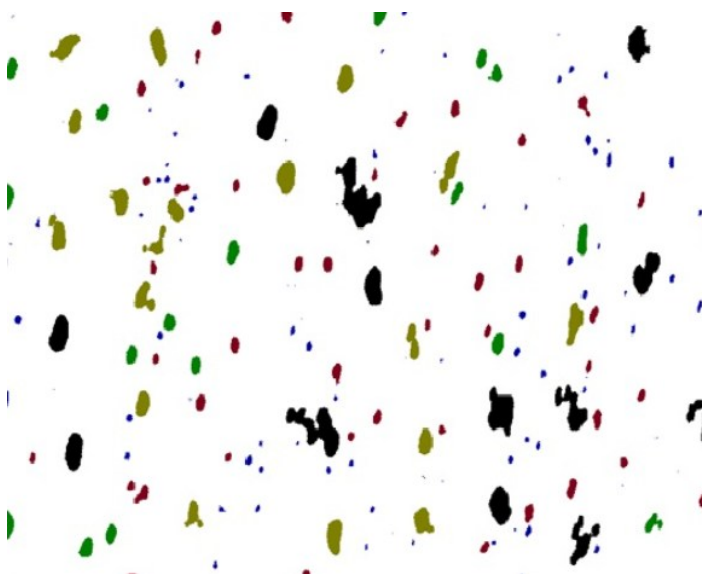
(zdroj: [38])

Tabulka 4 Referenční hodnoty pro hodnocení typu pleti obličeje podle sekrece kožního mazu měřené Sebumetrem [$\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$]

Typ pleti/Oblast	Celý obličej	T-zóna	U-zóna
Suchá	<88	<100	<70
Normální	88–204	100–220	70–180
Mastná	>204	>220	>180

(zdroj: [38])

Sebufix[®]F 16 stejného výrobce je speciální fólie pro absorpci kožního mazu s rozměry $1,7 \times 1,7$ cm a tloušťkou 0,2 mm. Změna průhlednosti fólie je snímána pomocí videokamery Visioscan[®] (od téže firmy) s UVA světlem a je zobrazena jako skvrny, jejichž barva se liší podle jejich velikosti (Obrázek 6). Získané hodnoty jsou počet, velikost a plocha (mm^2) pokrytá skvrnami absorbovaného mazu. Zhodnocen je také sklon kůže k tvorbě mazu během měření. Výrobce uvádí, že oproti kvantitativním výsledkům přístroje Sebumeter[®] je přístup měření přístrojem Sebufix[®] spíše kvalitativní. Ani zde není výsledek ovlivněn úrovní hydratace pokožky [39].



Obrázek 6 Zobrazení mazových skvrn různých velikostí

(zdroj: [39])

- **Hmotnostní měření kožního mazu**

Přístroj SebumScale® (Delfin Technologies Ltd, Kuopio, Finsko) kombinuje technologii mikrovah a jednorázových senzorů vyrobených z křemenných krystalů. Hmotnost odebraného vzorku mazu se měří analýzou změn rezonanční frekvence křemenného krystalu. Rozsah přístroje pro naměřené hodnoty je 0–150 $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ s rozlišením 0,1 $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ [40].

3.1.4 Měření pH povrchu kůže

Pro bariérovou homeostázu, integritu SC a antimikrobiální obranu je pH klíčovým faktorem. Chemicky je pH definováno jako záporný logaritmus koncentrace volných vodíkových iontů ve vodném roztoku. Rozsah stupnice pH je 0–14. Hodnota 7 znamená pH neutrální, směrem k nule roste kyselost a směrem k hodnotě 14 se zvyšuje zásaditost [41].

Kůže však není vodný roztok, tudíž měření pH jejího povrchu jsou spíše zdánlivé hodnoty pH. Pokyny EEMCO pro měření pH kožního povrchu *in vivo* popisují hodnotu pH kožního povrchu jako produkt ve vodě rozpustných látek ve SC, vylučovaného potu, kožního mazu a difúze oxidu uhličitého. Povrch SC je chráněn kyselým kožním pláštěm, který je tvořen látkami pocházejícími ze sekretů potních a mazových žláz, olupujících se korneocytů rohové vrstvy a složkami z rozpadajících se buněk (aminokyseliny, volné mastné kyseliny, kyselina mléčná, kyselina urokanová, močovina, laktáty) [42; 43]. Díky tomu je na většině částech těla pH kyselé, v rozmezí 4,1–5,8. Fyziologickou odlišnost najdeme například v oblasti podpaží a třísel, kde jsou hodnoty pH vyšší, v rozmezí 6,1–7,4 (Tabulka 5). Takové prostředí podporuje odlišný mikrobiom a následkem toho jsou tyto oblasti náchylnější k infekcím a ekzematickým projevům. Regenerace poškozené pokožky probíhá rychleji při pH 5 nebo nižším, při vyšších hodnotách je proces obnovy naopak pomalejší [41; 44].

Tabulka 5 Hodnoty pH povrchu kůže různých anatomických oblastí těla.

Oblast	Hodnota pH
Brada	5,6
Čelo	4,4
Horní víčko	4,6
Volární předloktí	4,4–5,6
Podpaží, třísla	6,1–7,4

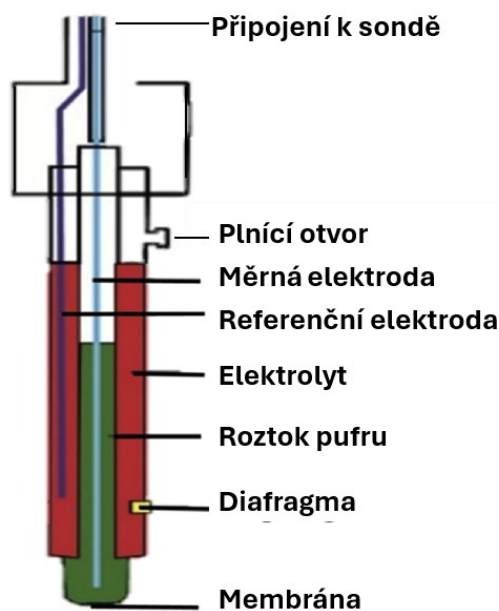
(zdroj: [41])

Dle pokynů skupiny EEMCO se pro správné měření pH povrchu pokožky doporučuje dodržovat určité podmínky. Měřené osoby by také měly před testem obdržet přesné instrukce, zejména pokud jde o hygienický postup nebo používání topických přípravků. Přístroje musí být pravidelně kalibrovány. Interpretace dat by neměla přehlížet skutečnost, že i malé rozdíly v pH mohou odrážet významné modifikace na molekulární úrovni. Pro měření pH kůže byla vyvinuta planární skleněná elektroda, která má měrnou a referenční elektrodu uloženou v jedné jednotce a je připojena k pH-metru [43].

- **Planární skleněná elektroda**

Skin-pH-Meter® PH 905 německé firmy Courage + Khazaka využívá princip planární skleněné elektrody. H^+ iontově citlivá elektroda i přídavná referenční elektroda jsou umístěny v jednom pouzdře

Obrázek 7). V rukojeti sondy je umístěna měřicí elektronika. Tato metoda je vhodná pro jednotlivá i kontinuální měření. Rozsah měřených hodnot pH je 1–11, s přesností $\pm 0,1$. Jedná se o rychlou, snadnou a dobře reprodukovatelnou metodu vhodnou pro měření pH na povrchu kůže nebo na pokožce hlavy [45].

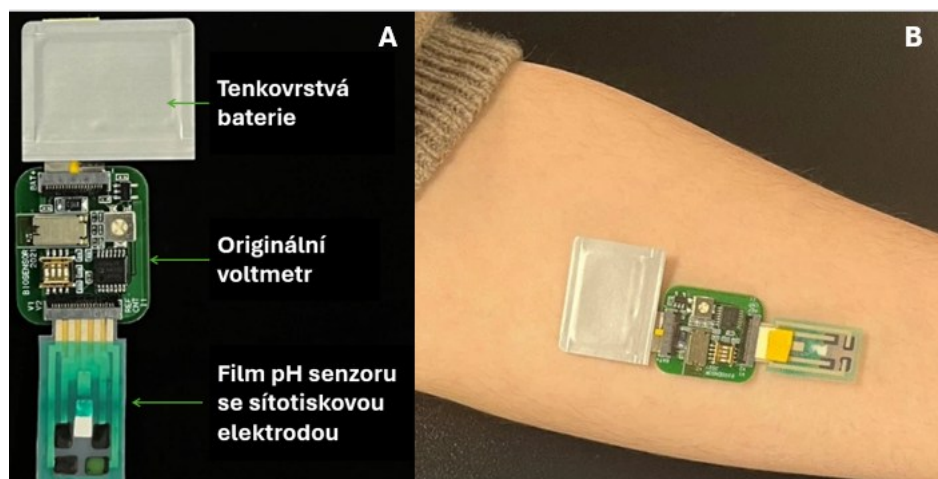


Obrázek 7 Planární skleněná elektroda

(zdroj: [16])

- **Sítotiskový nositelný senzor pH povrchu pokožky**

V nedávné studii [46] z roku 2024 byl pro monitorování pufrací kapacity lidské kůže v reálném čase použit nositelný sítotiskový senzor. Skládal se z elektrody citlivé na pH na bázi polyanilinu a referenční elektrody Ag/AgCl s kapalinovým spojením na bázi nitrocelulózové membrány. Součástí senzoru byl i miniaturní originální voltmetr a tenkovrstvá baterie (Obrázek 8A). Na kůži byl překryt plastovou folií. Tento senzor vykazoval spolehlivou a reverzibilní potenciometrickou odezvu na pH s dlouhodobou potenciální stabilitou. Nicméně při porovnání s hodnotami z pH senzoru s plochou špičkou byly hodnoty rozdílné, což vedlo tým k vyvinutí nového typu.



Obrázek 8 Jednotlivé části sítotiskového nositelného senzoru pH (A) a senzor umístěný na volární straně předloktí (B)

(zdroj: [46])

3.2 Metody pro posouzení parametru citlivosti a pigmentace

Pro diagnostiku citlivé pleti se lze zaměřit na více faktorů. Lze posuzovat funkční kožní bariéru pomocí měření TEWL (kapitola 3.1.1), kdy zvýšená hodnota TEWL bude ukazovat na poškozenou kožní bariéru a sklon pokožky k vyšší citlivosti na vnější podněty. Pokud již pokožka vykazuje projevy erytému, lze měřit přímo jeho intenzitu. Množství hemoglobinu, které rozsahu erytému odpovídá, se vyjadřuje jako erytemový (hemoglobinový) index [2; 9; 47]. Leslie Baumann zahrnuje mezi typy citlivé pleti (popsané v kapitole 2) také pokožku s projevy akné.

3.2.1 Měření erytému a pigmentace

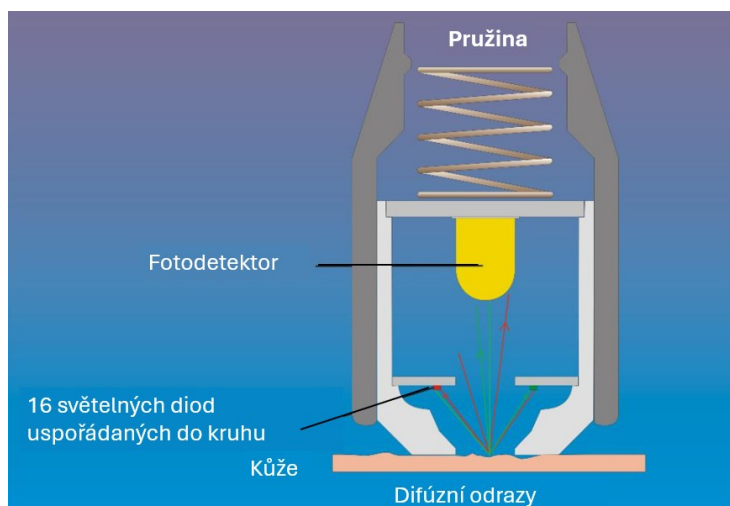
Kožní mikrocirkulace je důležitá pro termoregulaci a metabolismus kůže. Krevní zásobení kůže je zajištěno sítí arteriál, kapilár a venul. Metody pro měření úrovně erytému jsou zaměřeny především na optických či tepelných vlastnostech kůže, které se mění v závislosti na jejím prokrvení. Krevní barvivo hemoglobin a kožní barvivo melanin se v pokožce chovají jako chromofory, které absorbují viditelné světlo. Absorpce a odraz světla závisí na jeho hloubce průniku do kůže. Tuto hloubku lze ovlivnit zvolením vhodné vlnové délky. Při výskytu začervenání (erytému) spojeného s vyšším obsahem hemoglobinu, stejně tak i při zvýšeném množství melaninu v dané oblasti, bude hodnota absorpce vyšší a hodnota odrazu tudíž nižší [47; 48].

• Spektroskopické metody

Jedná se o metody založené na absorbanci. Absorbance je schopnost látek absorbovat světlo o určité vlnové délce. Spektrofotometrie vychází z Lambert-Beerova zákona (4), který říká, že vztah mezi absorbancí A je přímo úměrný koncentraci měřené látky c , při konstantní tloušťce měřené vrstvy ℓ a molárním absorpčním koeficientu ε_λ [49].

$$A = \varepsilon_\lambda \cdot c \cdot \ell \quad (4)$$

Přístroj pro měření množství hemoglobinu a melaninu Mexameter® MX 18 německého výrobce Courage + Khazaka (Obrázek 9) je založený na absorpci/odrazu světla pokožkou. Obsahuje 16 světelných diod uspořádaných do kruhu. Diody vyzařují světlo o třech specifických vlnových délkách [49].



Obrázek 9 Princip měření přístroje Mexameter® MX 18

(zdroj: [50])

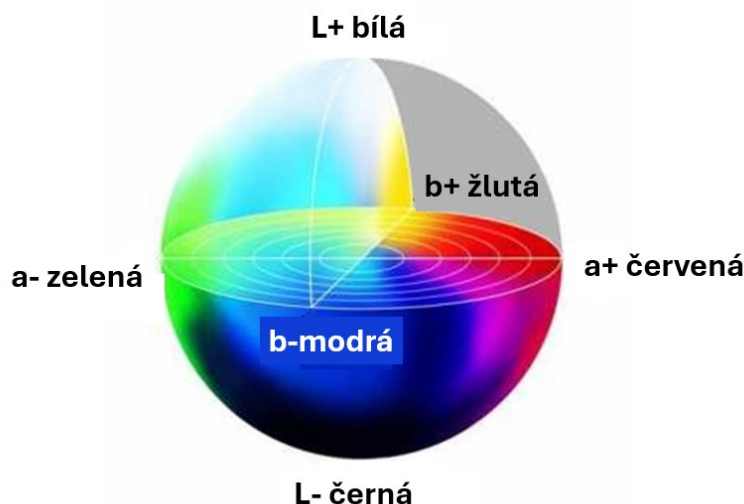
Pro měření úrovně erytému se využívá zelené světlo s vlnovou délkou 568 nm a červené světlo s vlnovou délkou 660 nm. Tyto vlnové délky odpovídají absorpčnímu vrcholu hemoglobinu a díky tomu je zabráněno ovlivnění výsledků dalšími barevnými vlivy, např. bilirubinu. Fotodetektor přístroje měří intenzitu odraženého světla a jejím odečtením od intenzity vyzářeného světla je vypočítána intenzita světla absorbovaného. Následně je z intenzity světla absorbovaného/odraženého vypočítán index erytému. Sonda o ploše 19,6 mm² obsahuje pružinu pro dosažení konstantního kontaktu s povrchem kůže. Kalibrace se provádí pomocí černobílé kalibrační destičky. Stupnice má velmi širokou bodovou škálu 0–999 pro melanin i erytém, což poskytuje vysoce citlivé měření [50; 51].

Pro měření melaninu jsou určeny vlnové délky červeného světla $\lambda=600$ nm a blízkého infračerveného světla $\lambda=800$ nm [50].

Přístroj Skin-Colorimeter Flex CL 440 od stejného výrobce umožňuje měření barvy pleti i vlasů. Kruhová sonda vysílá LED bílé světlo s vysokým indexem podání barev CRI o vlnové délce 440–670 nm. Principem je měření odrazu světla. Výsledky jsou vyjádřeny pomocí trojrozměrného barevného prostoru známého jako $L^*a^*b^*$ nebo CIELAB definovaného Mezinárodní komisí pro osvětlení (CIE). Tento 3D barevný prostor je definován pomocí tří os. Osa L vyjadřuje jas, osa a je pro zeleno-červené barevné spektrum a osa b pro žluto modré barevné spektrum (Obrázek 10) [52].

Hodnoty pro erytém udává index a^* (na zeleno-červené ose). Čím vyšších hodnot dosahuje, tím vyšší je erytém [51; 52].

Hodnoty pro pigmentaci udává index b^* na modro-žluté ose [51; 52].



Obrázek 10. Barevný prostor CIELAB

(zdroj: [51])

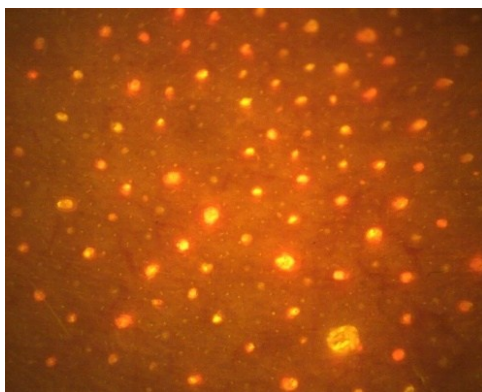
Komplexní přístroj na principu kamery, který analyzuje měřený parametr počítačovým vyhodnocením pořízených snímků, je irské zařízení Antera[®] 3D firmy Miravex Limited. Povrch pokožky osvětluje z různých úhlů LED diodami s různými vlnovými délkami viditelného spektra světla. Naměřené rozdíly používá k rekonstrukci 3D povrchu. Z prostorové a spektrální analýzy obrazových dat zpracovává a vyhodnocuje nejenom hodnoty pro úroveň erytému a množství melaninu, ale také topografii kůže a její 3D zobrazení [51].

3.2.2 Hodnocení projevů akné

Jednou z příčin akné (lat. *acne vulgaris*) je přítomnost bakterie *Cutibacterium acnes* (podle starší taxonomie *Propionibacterium acnes*) ve vlasových folikulech. Metabolickým produktem této bakterie jsou porfyriny, které podporují zánětlivé procesy. Porfyriny mají schopnost absorbovat UV záření a emitovat červenooranžovou fluorescenci (Obrázek 11). Tohoto jevu využívá diagnostická metoda založená na emisi UV světla a detekci folikulární porfyrinové fluorescence pro hodnocení množství aknézních lézí [53; 54]. Pro medicínské hodnocení stavu akné lze také využít metody reflexní konfokální mikroskopie (RCM) či optické koherentní tomografie [55].

- **Fluorescence**

Na principu fluorescence pracuje zobrazovací kamera Visiopor® PP 34N německého výrobce Courage + Khazaka. Kamera obsahuje 16 UVA-LED zdrojů světla s vlnovou délkou 375–385 nm a polarizační filtry pro vizualizaci porfyrinové fluorescence. Následně jsou snímky vyhodnoceny softwarem a kvantitativní výsledek je vyjádřen v procentech [54].



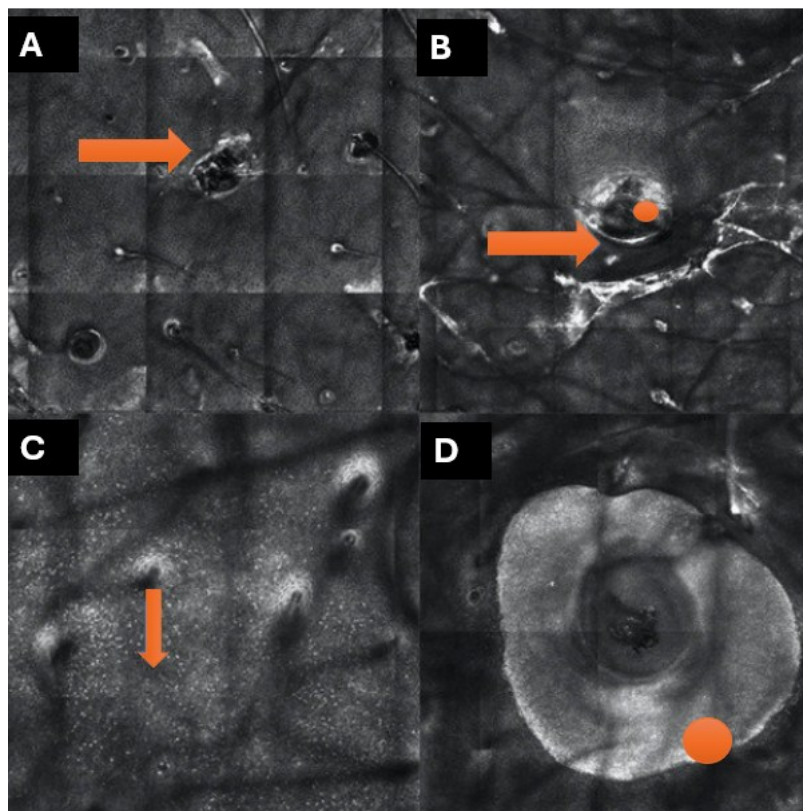
Obrázek 11 Porfyriny zobrazené přístrojem Visiopor® PP 34N

(zdroj: [54])

- **Reflexní konfokální mikroskopie**

U metody reflexní konfokální mikroskopie jsou pořizovány digitální horizontální řezy kůže laserem s vlnovou délkou světla 830 nm. Zobrazení je černobílé a využívá principu, kdy různé kožní struktury mají různé refrakční vlastnosti. Komedony jsou charakteristické zvětšeným infundibulem s hyperkeratotickým jasným okrajem. Konkrétně uzavřené komedony mají infundibula s pravidelnými silnými světlými okraji, zatímco otevřené

komedony mají infundibula s nepravidelnými okraji a jsou vyplněny amorfním keratinizovaným materiálem s velkým počtem světlých bodů (Obrázek 12) [55].



Obrázek 12 RCM snímky uzavřeného komedonu (šipka), s dobře definovaným infundibulem a tlustými jasnými okraji (A); otevřený komedon (šipka) s velkým infundibulem a hyperreflexními nepravidelnými okraji vyplněnými amorfním materiálem (tečka) (B); papula, vykazující hojný zánětlivý infiltrát složený z mnoha řídkých hyperreflexních buněk (šipka) na trnové vrstvě epidermis (C), a pustula charakterizovaná přítomností hyperreflexního organizovaného zánětlivého infiltrátu uvnitř pustulární dutiny (tečka) (D).

(zdroj: [55])

- **Optická koherentní tomografie**

Pro zobrazení *epidermis* (i *dermis*) využívá tato metoda principu zpětného rozptylu infračerveného světla. Různé přístroje poskytují 2D či 3D snímky kůže a relativní mikrovaskulární změny v průtoku krve. Komedony jsou obvykle zobrazeny s dobře definovanými okraji s proměnlivým tmavším okrajem v závislosti na hyperkeratinizaci. Digitální optická koherentní tomografie s vyšším rozlišením ukazuje, že v blízkosti

nezanícených komedonů je vaskularizace normální, naopak u zanícených komedonů je vaskularizace zvýšená [55].

3.3 Metody pro posouzení parametru stárnutí pokožky

Proces stárnutí kůže je popisován následovně. Tak jako ostatní tělesné orgány je to vlivem postupujícího věku, což je genetiky podmíněné. Zde dochází ke změnám klinickým, fyziologickým a histologickým. U žen představuje významnou roli pokles hladiny hormonu estrogeneru [56]. Kromě toho kůže, jako orgán přicházející do přímého kontaktu s vnějším prostředím, podléhá vlivům tohoto prostředí a životnímu stylu jedince. Jedná se např. o chemické a fyzikální znečištění vnějšího prostředí, výživu, životní styl jedince, kouření, nadužívání alkoholu apod. Významný podíl na stárnutí kůže má UV záření, konkrétně UVA, které s vlnovou délkou 320–400 nm proniká až do *dermis*, a UVB s vlnovou délkou 290–320 nm, pronikajícího do úrovně *epidermis*. Stárnutí ovlivněné UV zářením bývá často označováno pojmem *photoaging*. Společnými projevy stárnutí v důsledku vnitřních a vnějších faktorů jsou: ztenčení *epidermis*, zvýšení její propustnosti, suchost, atrofie, atonie (snížené množství a kvalita kolagenu), ztráta elasticity (zkrácením a poruchou pružnosti elastinových vláken, nemění se však jejich počet), vrásky, křehkost a dilatace kožních cév, změny v pigmentaci (*hyperpigmentace* nebo *hypopigmentace*), snížená obranyschopnost [57].

Hodnocení biomechaniky kůže shrnuje dokument pokynů EEMCO pro hodnocení biomechanických vlastností kůže *in vivo*. Mezi hodnocené vlastnosti zařazuje např. měkkost /tuhost kůže, pevnost, elasticitu, elastické a viskoelastické vlastnosti, roztažnost, pružnost, anizotropii, tření ve vztahu k topografickým vlastnostem, tloušťku a mechaniku (ohyb, tah, torzi) [12].

Systém BST charakterizuje pokožku podle parametru stárnutí jako vrásčitou (s projevy stárnutí) a napjatou (beze známek stárnutí) [10]. Podle tohoto dělení jsou vybrány diagnostické metody této kapitoly. Metody pro posouzení dalších projevů již byly popsány v předchozích kapitolách (změny v distribuci pigmentu v kapitole 3.2.1, kvalita kožní bariéry v kapitole 3.1 a míra hydratace v kapitole 3.1.2.).

3.3.1 Měření biomechanických vlastností kůže

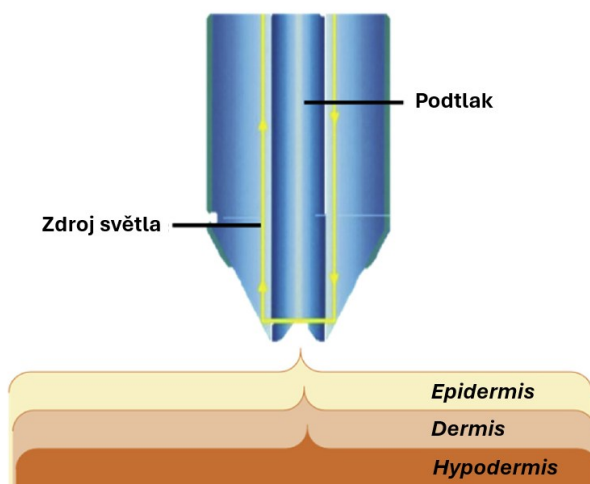
Kožní viskoelasticita souvisí s kvalitou kolagenových a elastinových vláken. U mladé pleti jsou tato vlákna pravidelně uspořádána a tvoří síť, která udržuje kůži pružnou a pevnou.

Procesem stárnutí vlákna tuhnou, degradují, shlukují se, snižuje se množství kolagenových vláken, což vede ke vzniku vrásek, snížení tonusu a ochabování kůže. Měření viskoelasticity je tedy jednou z metod používaných k posouzení biologického stáří pokožky. Neinvazivní metody měření jsou nejčastěji prováděny pomocí dvou metod deformace kůže: plošnou (torzí) nebo horizontální (sukcí nebo stlačováním) [24].

- **Metoda horizontální deformace podtlakem**

Sonda přístroje Cutometer® Dual MPA 580 nasává pokožku definovaným podtlakem (až 500 mbar) do kruhového otvoru sondy (Obrázek 13) a po určité době ji opět uvolní. Uvnitř sondy je optický měřicí systém složený ze světelného zdroje a světelného receptoru. Intenzita světla dopadající na světelný detektor je přímo závislá na výšce penetrace kůže do sondy. Z tohoto měření lze určit odolnost kůže vůči podtlaku (pevnost kůže související s kvalitou a množstvím kolagenových vláken) a rychlost jejího návratu do původního stavu (pružnost kůže závisující na kvalitě elastinových vláken). Z těchto dvou výsledků jsou vyhodnoceny viskoelastické vlastnosti kůže odkazující na proces stárnutí. Software pro Cutometer® Dual MPA 580 vyhodnocuje z různých částí křivky měření 3 parametry: R – parametry (Tabulka 6), F – parametry (

Tabulka 7) a Q – parametry (Tabulka 8) [58].



Obrázek 13 Princip měření přístrojem Cutometer®

(zdroj: [58])

Tabulka 6 Parametry R softwaru Cutometer® Dual MPA 580

Parametr R	Popis parametru [jednotky]	Poznámka
R0	Roztažnost/pevnost [mm]	Maximální amplituda křivky
R1/R4	Schopnost pokožky vrátit se do původního stavu	Minimální amplituda po relaxaci
R2	Viskoelasticita [%]	Odolnost vůči mechanické síle versus schopnost návratu
R3/R9	Únava pokožky	Viditelné při opakovaném sání/relaxaci
R5	Čistá elasticita [%]	Elastická část sací části versus elastická část relaxační části
R6	Část viskoelasticity křivky [%]	
R7	Část elasticity [%]	Ve srovnání s úplnou křivkou
R8	Úplná relaxace po přerušení tlaku [mm]	

(zdroj: [58])

Tabulka 7 Parametry F softwaru Cutometer® Dual MPA 580

Parametr F	Popis parametru
F1	Oblast nad křivkou. Čím pružnější, tím menší plocha
F2	„Únava“ + „energie pokožky“
F3	Oblast uvnitř křivky představuje únavu kůže (při opakovaném sání/relaxaci)
F4	Oblast pod křivkou představuje pevnost pokožky (odolnost proti sání)

(zdroj: [58])

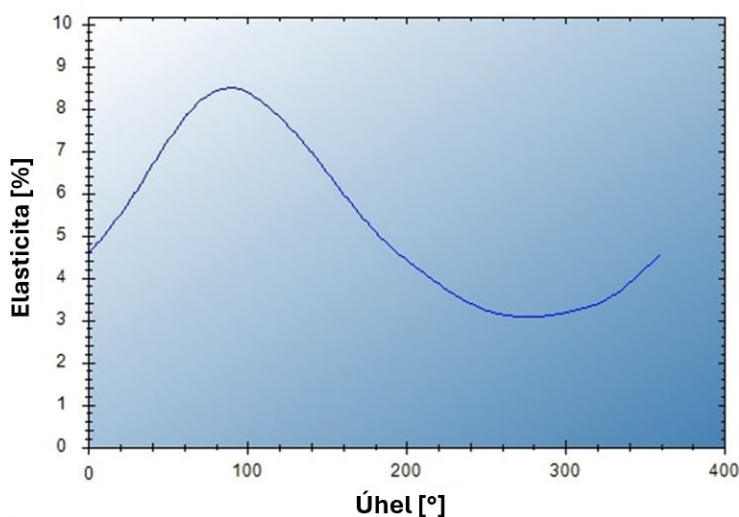
Tabulka 8 Parametry Q softwaru Cutometer® Dual MPA 580

Parametr Q	Popis parametru
Q0	Maximální oblast obnovy
Q1	Celkové zotavení (celková elasticita)
Q2	Elastické zotavení
Q3	Viskoelastické zotavení

(zdroj: [58])

V přístroji Cutiscan® CS 100 (Courage + Khazaka, Německo) je uprostřed sacího prstence umístěna kamera zaznamenávající deformaci pokožky a rychlost jejího zotavení. Z tohoto záznamu je následně vyhodnocen graf zobrazující křivky sání a relaxace v každém směru (360°), ze kterého je patrné, že deformace a návrat pokožky do původního stavu se může v různých směrech lišit, což poukazuje na anizotropii pokožky (Obrázek 14) [59].

V3- Elasticita v rozsahu 360°



Obrázek 14 Grafické znázornění anizotropie pokožky přístrojem Cutiscan® CS 100

(zdroj: [59])

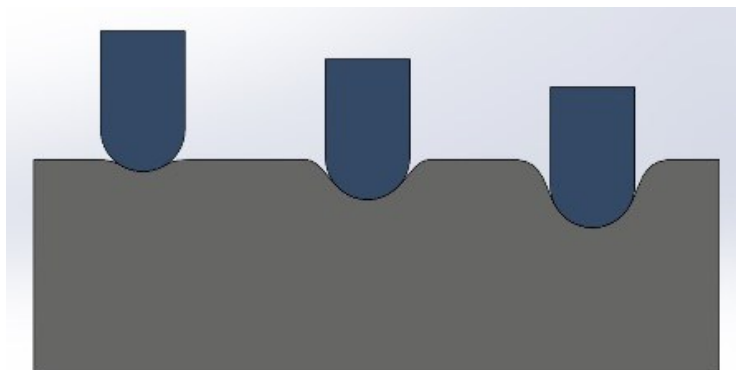
Sonda ElasticityProbe určená k přístrojům DermaLab dánské firmy Cortex Technology se k měřenému místu se připevňuje oboustrannou lepicí nálepkou. Tím se eliminuje zkreslení výsledků případným posunem sondy po měřené oblasti. Touto sondou je možné měřit průměr několika cyklů elevace a doby návratu. Sací tlak lze pro různé oblasti nastavit

na 150, 400 nebo 650 mbar. Měřené hodnoty jsou viskoelasticita, elasticita a doba retrakce [60].

- **Metoda deformace povrchu kůže tlakem**

Principem této metody je měření indurance, tedy vtlačení hrotu indentometru do povrchu kůže, a vyhodnocení tuhosti kůže podle hloubky průniku hrotu či síly potřebné k deformaci povrchu kůže [61].

Sonda přístroje Indentometer IDM 800 německého výrobce Courage + Khazaka je vybavena hroty s rozdílnými průměry (1, 2, 3 nebo 5 mm) pro měření na různých anatomických částech. Uvnitř těla sondy je pružina, která vyvíjí konstantní silou tlak na hrot, díky čemuž dochází k deformaci povrchu kůže (Obrázek 15). Přístroj měří hloubku proniknutí hrotu v rozsahu 1 až 3 mm s přesností na 2 desetinná místa. Čím menší posun hrotu, tím je kůže pevnější [61;62].



Obrázek 15 Různé hloubky deformace povrchu pokožky indentorem

(zdroj: [61])

- **Metoda plošné deformace kůže**

Tento způsob měření hodnotí míru plošné deformace kůže po působení síly na její povrch. Dříve byly používány metody aplikující na kůži dvě proti sobě posuvné podložky a míra extenze byla vyhodnocena ze síly potřebné k jejich posunu. Další metodou bylo použití smykové síly. Studie porovnávající tyto metody s metodami horizontální deformace jsou však již téměř dvacet let staré a v současné době se tyto přístroje v literatuře objevují zřídka.

Na trhu je dostupný například Dermal Torgue Meter® francouzských laboratoří Cosderma. Sonda přístroje je k pokožce přilepena oboustrannou páskou. Tvoří ji pevný disk a pohyblivý disk, na který po určitou dobu působí točivý moment. Úhel natočení je měřen úhlovým senzorem s vysokým rozlišením. Výstupem je křivka deformace kůže podobná křivce při měření přístrojem Cutometer [63].

3.3.2 Vizualizace a měření profilu kožního povrchu

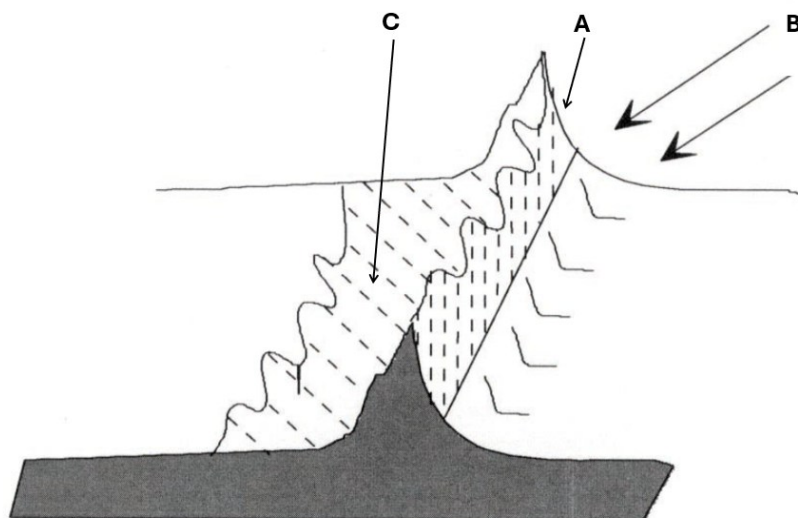
Mikrorelief povrchu pokožky je kromě dlaní a chodidel tvořen sítí primárních a sekundárních rýh pravidelně uspořádaných do trojúhelníkového vzoru. Toto uspořádání umožňuje mechanické napínání pokožky a zároveň zadržování mazu a potu. Na pokožce obličeje je pak dobře patrný i makrorelief tvořený jemnými vráskami (hloubka 0,2–1 mm) a vráskami (hloubka 1 mm). Ty se rozvíjejí s postupem věku, vlivem vnějších a vnitřních faktorů, jako následek strukturálních změn ve všech vrstvách kůže (*epidermis*, *dermis*, *hypodermis*). Pro hodnocení profilu kožního povrchu jsou využívány metody přímé a metody nepřímé [2].

- **Nepřímé metody**

Hodnocení kožního reliéfu spočívá v měření profilu otisku povrchu kůže (repliky) a jejího profilometrického vyhodnocení. Na výrobu negativních replik se nejčastěji používají silikonové polymery. Kvalita a přesnost repliky může být negativně ovlivněna použitým materiálem nebo měřeným objektem. Pro získání co nepřesnějších výsledků je proto při přípravě silikonového materiálu důležitý takový postup, který minimalizuje přítomnost vzduchových bublin. Důležitá je také ideální tekutost a rychlost tuhnutí tohoto materiálu, jeho barva a tloušťka. Další faktory ovlivňující výsledek jsou například poloha a pohyby měřeného subjektu či dodržení správné polohy odlitku k poloze měřeného subjektu [64; 65].

Analýza obrazu povrchu metodou vrhání stínů

Světlo dopadá na negativní repliku kožního povrchu pod definovaným úhlem. Výstupky na replice prezentující vrásky, které vrhají stín. Čím je výstupek vyšší (vráska hlubší), tím je plocha stínu větší (Obrázek 16). Stíny jsou následně digitalizovány pomocí fotoaparátu nebo kamery umístěné horizontálně nad vzorkem a softwarem převedeny do 3D zobrazení [64; 65].



Obrázek 16 Ilustrace principu měření metodou vrhání stínů. Replika kožní vrásky (A); světlo dopadající na repliku pod definovaným úhlem (B); měřený vržený stín (C).

(zdroj: [66])

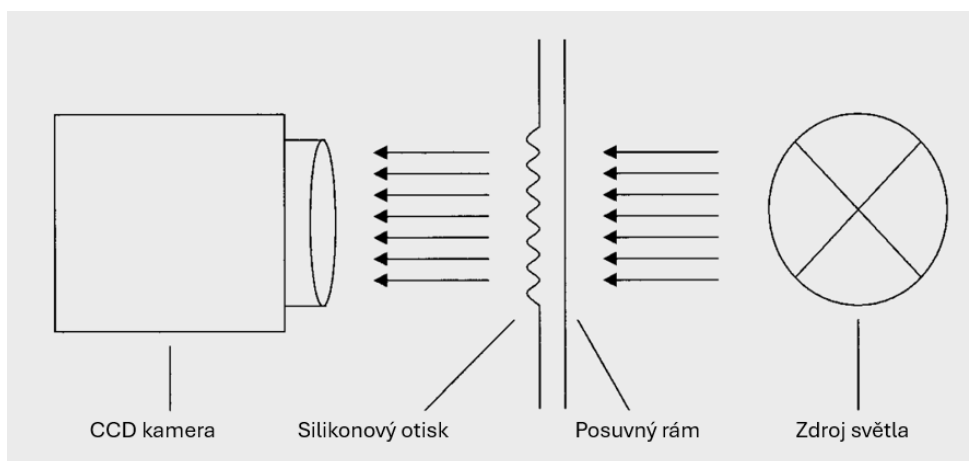
Na tomto principu pracuje přístroj Visioline® VL 650 německé firmy Courage + Khazaka vhodný pro hodnocení hlubších linií makroreliéfu kožního povrchu. Hodnocena je hloubka vrásek (μm), jejich délka (mm) a plocha (mm^2) [66].

Měření absorpce světla

U této metody je silikonový otisk kožního povrchu s tloušťkou 0,5 mm umístěn mezi světelný zdroj a kameru s funkcí elektronické snímání obrazu (CCD) (Obrázek 17). Z naměřené absorpce světla je podle Lambert-Beerova zákona (5), kde I_{ex} je intenzita světla prošlého replikou, I_{in} je intenzita světla vyzářeného ze zdroje, k je konstanta média (materiálu repliky) a d je tloušťka repliky [65; 67].

$$I_{ex} = I_{in} \cdot e^{-kd} \quad (5)$$

Na tomto principu je založen přístroj SkinVisiometer® SV600 německé firmy Courage + Khazaka, použitý v několika studiích, který však již v současné době firma nenabízí ve svém sortimentu [67].

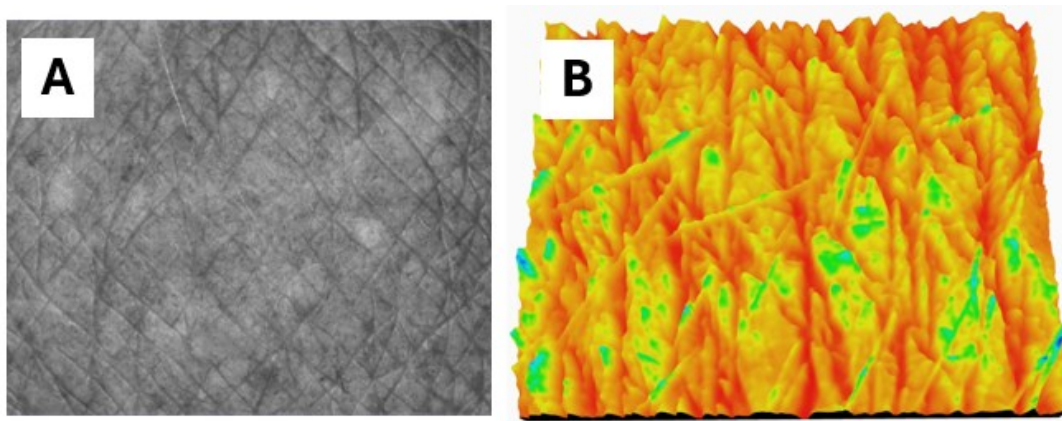


Obrázek 17 Princip přístroje pro měření absorpce světla

(zdroj: [65])

- **Přímé metody**

Pro přímé hodnocení povrchu kůže *in vivo* je popsána metoda obrazové analýzy. Intenzita a spektrum použitého světla umožňuje zobrazení pouze povrchu kůže, nikoliv hlubších vrstev. Kamera CCD snímá kožní povrch v reálném čase a zároveň umožňuje pořízení statických snímků. Obraz je převáděn do celkem 256 stupňů šedi (Obrázek 18A), kdy 0 náleží černé a 255 bílé barvě. Možné je také modifikované zobrazení (Obrázek 18B). Z obrazů jsou softwarem analyzovány parametry pro vyhodnocení povrchu živé kůže (SELS): drsnost (SEr), šupinatění (SEsc), vyhlazení (SEsm) a vrásnění (SEw). Hodnota parametru drsnosti je podílem všech pixelů menších než prahová hodnota barvy programu a součet hodnot 0. Šupinatění je vypočítáno jako podíl všech pixelů větších než prahová hodnota barvy a součtu pixelů. Vyhlazení je určeno hloubkou a šířkou kožních brázd. Vrásnění je definováno jako poměr počtu a šířky horizontálních a vertikálních prohlubní. Z vypočtených parametrů je pomocí virtuálních barev zobrazen kožní reliéf. Pro zhodnocení parametru stárnutí jsou důležité především hodnoty SEw a SEr [65; 68].



Obrázek 18 Dvě různá zobrazení kožního povrchu pomocí obrazové analýzy:

ve stupních šedi (A) a v modifikované barevné škále (B)

(zdroj: [68])

Tento princip využívá přístroj Visioscan® VC 20plus německé firmy Courage + Khazaka. Sonda přístroje je vybavena kamerou s vysokým rozlišením, UVA LED světelným zdrojem s vlnovou délkou (390–395 nm) a elektronicky řízenou čočkou s automatickým ostřením. Mimo SELS má přístroj k dispozici parametry stárnutí kůže pro anizotropii a velikost buněk. Další parametry a údaje, které lze získat díky možnosti nakreslit do obrazu kožního povrchu čáry a ohraničení ploch různých tvarů jsou: plocha kůže (m^2), rozvinutý povrch (%), délka a tloušťka vlasů, velikost pigmentových skvrn a jiné. To činí z přístroje zajímavý nástroj pro komplexní diagnostiku několika parametrů najednou [68].

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo shrnout diagnostické neinvazivní metody používané k hodnocení vlastností pokožky *in vivo*. Na základě této rešerše lze konstatovat, že současné možnosti neinvazivních technik přináší celou škálu objektivních výsledků analýzy stavu pokožky bez porušení její integrity. Hlavní výhodou takových metod je tedy jejich šetrnost, reprodukovatelnost a při dlouhodobém sledování pokožky možnost opakovatelnosti.

Velmi užitečným nástrojem pro správný výběr metody a provedení měření jsou pokyny expertní skupiny EEMCO. Ty jsou v posledních letech postupně revidovány podle aktuálního trendu modernizace jednotlivých přístrojů. Jako příklad lze uvést pokrok v měření TEWL přístrojem TewaMeter® německé firmy Courage + Khazaka. Původní sonda modelu TewaMeter® TM 300 obsahovala dva páry senzorů pro snímání teploty a relativní vlhkosti. Firmou současně vyráběný nový model TewaMeter® TM Hex má uvnitř sondy třicet párů senzorů. To přináší množství dat o celkovém rozložení teploty a vlhkosti a výrobce prezentuje výsledné hodnoty jako extrémně přesné, reprodukovatelné a rychlé. Na trhu jsou v současnosti dostupné také přístroje, které dokáží měřit několik parametrů najednou. Jako zástupce lze jmenovat VisioScan® VC 20plus stejného výrobce, kdy lze pomocí jednoho kompaktního přístroje získat informace o topografii kožního povrchu, anizotropii, pigmentových skvrnách, či při kombinaci s přídavnými foliemi vyhodnotit deskvamaci a produkci kožního mazu.

Díky současnému rychlému technickému pokroku lze očekávat další vývoj v neinvazivní *in vivo* diagnostice pokožky, kdy budou získávané výsledky stále přesnější, postupy jednodušší, analýza rychlejší a celkový přístup uživatelsky přívětivější. Důkazem toho je například zmíněný přístup pro kontinuální měření pufrací schopnosti pokožky metodou síťotiskového nositelného senzoru. První prototyp nesplnil čekávané požadavky, což vede výzkumný tým k vývoji nového modelu.

Neinvazivní přístup shrnutých metod se tedy jeví jako mimořádně užitečný pro vědecké výzkumy a zároveň také pro běžnou praxi v dermatologii a kosmetologii. Díky získaným objektivním výsledkům, je možné zvolit ideální personalizovaný kosmetologický přístup péče o konkrétního jedince, zahrnující volbu vhodné péče i kosmetického přípravku. Zároveň lze sledovat změny požadovaných parametrů pokožky v čase a zhodnotit tak účinnost zvoleného přístupu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] OREL, Miroslav. *Anatomie a fyziologie lidského těla: pro humanitní obory*. Vydání 2. Psyché. Praha: Grada, 2021. ISBN 978-80-271-0531-1.
- [2] HUMBERT, Philippe; FANIAN, Ferial; MAIBACH, Howard I. a AGACHE, Pierre. *Agache's Measuring the Skin*. Online. 2. vydání. Springer Cham, 2017. ISBN 978-3-319-32383-1. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-319-32383-1>. [cit. 2023-12-14].
- [3] YOUSEF, Hani; AHAIJ, Mandi a SHARMA, Sandeep. *Anatomy, Skin (Integument), Epidermis*. Online. StatPearls Publishing, 2024. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29262154/>. [cit. 2024-05-05].
- [4] JONES, Brandi. *Co je hypodermis?* Online. In: Verywellhealth. 2024. Dostupné z: <https://www.verywellhealth.com/the-hypodermis-is-the-lowest-layer-of-skin-2710144>. [cit. 2023-11-14].
- [5] RAJKUMAR, Jeffrey; CHANDAN, Neha; LIO, Peter a SHI, Vivian. The Skin Barrier and Moisturization: Function, Disruption, and Mechanisms of Repair. Online. *Skin Pharmacology and Physiology*. 2023, roč. 36, č. 4, s. 174–185. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1159/000534136>. [cit. 2024-03-23].
- [6] FOWLER, Joseph. *Understanding the Role of Natural Moisturizing Factor in Skin Hydration*. Online. In: Practical dermatology. 2012, s. 36-40. Dostupné z: <https://practicaldermatology.com/topics/general-topics/understanding-the-role-of-natural-moisturizing-factor-in-skin-hydration/21612/>. [cit. 2025-03-18].
- [7] WATABE, Akiko; SUGAWARA, Tomoko; KIKUCHI, Katsuko; YAMASAKI, Kenshi; SAKAI, Shingo et al. Sweat constitutes several natural moisturizing factors, lactate, urea, sodium, and potassium. Online. *Journal of Dermatological Science*. 2013, roč. 72, č. 2, s. 177-182. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jdermsci.2013.06.005>. [cit. 2024-05-10].
- [8] PAL, Amrita. A review on transepidermal water loss (TEWL) measurement. Online. *World Journal of Pharmaceutical Research*. 2023, roč. 12, č. 9, s. 2357-2377. ISSN 2277-7105. Dostupné z: https://wjpr.s3.ap-south-1.amazonaws.com/article_issue/063f39bc6b81598fbc208031540a8785.pdf. [cit. 2024-05-10].

- [9] ROGIERS, Vera. EEMCO Guidance for the Assessment of Transepidermal Water Loss in Cosmetic Sciences. Online. *Skin Pharmacology and Physiology*. 2001, roč. 14, č. 2, s. 117-128. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1159/000056341>. [cit. 2024-03-18].
- [10] BAUMANN, Leslie. *Cosmetic dermatology: principles and practice*. 2. vydání. McGraw-Hill, 2009. ISBN 978-0-07-149062-7.
- [11] BAUMANN, Leslie. *16 Baumann Skin Types*. Online. Skin Type Solutions. 2023. Dostupné také z: <https://skintypesolutions.com/blogs/skincare/16-baumann-skin-types>.
- [12] MONTEIRO RODRIGUES, Luis a FLUHR, Joachim. EEMCO Guidance for the in vivo Assessment of Biomechanical Properties of the Human Skin and Its Annexes: Revisiting Instrumentation and Test Modes. Online. *Skin Pharmacology and Physiology*. 2020, roč. 33, č. 1, s. 44-59. Dostupné z: <https://doi.org/10.1159/000504063>. [cit. 2024-04-07].
- [13] PIÉRARD, GE. Instrumental non-invasive assessments of cosmetic efficacy. Online. *Jurnal of cosmetic dermatology*. 2002, roč. 1, č. 2, s. 57-58. Dostupné z: <https://doi.org/10.1046/j.1473-2165.2002.00013.x>. [cit. 2024-04-07].
- [14] SERUP, Jorgen; JEMEC, Gregor B. E. a GROVE, Gary L. *Handbook of non-invasive methods and the skin*. 2. ed. Taylor & Francis, CRC, 2006. ISBN 978-0-8493-1437-7.
- [15] RESL, Vladimír; LEBA, Martin a RAMPL, Ivan. Měření transepidermální ztráty vody (TEWL). Online. *Česko-slovenská dermatologie*. 2008, roč. 83, č. 6, s. 319-324. Dostupné z: <https://www.prolekare.cz/casopisy/cesko-slovenska-dermatologie/2008-6/mereni-transepidermalni-ztraty-vody-tewl-2405>. [cit. 2024-03-26].
- [16] NOR, Hazwani Mohd Ariffin a ROSNANI, Hasham. Assessment of non-invasive techniques and herbal-based products on dermatological physiology and intercellular lipid properties. Online. *Helion*. 2020, roč. 6, č. 5. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03955>. [cit. 2025-04-01].
- [17] WROBLEWSKA, Magdalena a WINNICKA, Katarzyna. Emollients with natural emulsifier Olivem 1000 as topical formulations for urea or sodium hyaluronate. Online. *Acta Poloniae Pharmaceutica – Drug Research*. 2023, roč. 80, č. 6, s. 977-990. Dostupné z: <https://doi.org/10.32383/appdr/175847>. [cit. 2024-03-26].

- [18] COURAGE + KHAZAKA ELECTRONIC GMBH. *Tewameter® TM 300*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.courage-khazaka.com/en/?view=article&id=172:tewameter-e&catid=16>. [cit. 2024-03-26].
- [19] COURAGE + KHAZAKA ELECTRONIC GMBH. *Tewameter TM Hex*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.courage-khazaka.com/en/scientific-products/tewameter-tm-hex>. [cit. 2024-03-26].
- [20] DELFIN TECHNOLOGIES. *VapoMeter*. Online. 2024. Dostupné z: <https://delfintech.com/products/vapometer/>. [cit. 2024-03-26].
- [21] BIOX SYSTEMS LTD. *AquaFlux™ Model AF200 TEWL Measurement Device*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.bioxsystems.com/aquaflux/>. [cit. 2024-03-26].
- [22] GIDADO, Iman M.; QASSEM, Meha; TRIANTIS, Iasonas F. a KYRIACOU, Panicos A. Review of Advances in the Measurement of Skin Hydration Based on Sensing of Optical and Electrical Tissue Properties. Online. *Sensors*. 2022, roč. 22, s. 7151. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/1424-8220/22/19/7151>. [cit. 2024-03-27].
- [23] BERARDESCA, Enzo. EEMCO guidance for the assessment of stratum corneum hydration: electrical methods. Online. *Skin research and technology*. 1997, roč. 3, č. 2, s. 126-132. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0846.1997.tb00174.x>. [cit. 2024-03-27].
- [24] QASSEM, Meha a KYRIACOU, Panayiotis. Review of Modern Techniques for the Assessment of Skin Hydration. Online. *Cosmetics*. 2019, roč. 6, č. 1, s. 19. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/cosmetics6010019>. [cit. 2025-03-27].
- [25] BERARDESCA, Enzo; LODEN, Marie; SERUP, Jorgen; MASSON, Philippe a MONTEIRO RODRIGUES, Luis. The revised EEMCO guidance for the in vivo measurement of water in the skin. Online. *Skin research and technology*. 2018, roč. 24, č. 3, s. 351-358. Dostupné z: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/srt.12599?saml_referrer. [cit. 2025-03-27].
- [26] CLARYS, Peter; CLIJSEN, Ron; TAEYMANS, Jan a BAREL, André O. Hydration measurements of the stratum corneum: comparison between the capacitance method (digital version of the Corneometer CM 825®) and the impedance method (Skicon-

- 200EX®). Online. *Skin research and technology*. 2012, roč. 18, č. 3, s. 316-323. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0846.2011.00573.x>. [cit. 2025-03-28].
- [27] WESTERMANN, Thais V.A.; RODRIGUES VIANA, Vinicius; BERTO JR., Clemilson; DETONI DA SILVA, Cassia Britto; CARVALHO, Edison Luis Santana et al. Measurement of skin hydration with a portable device (SkinUp® Beauty Device) and comparison with the Corneometer®. Online. *Skin research and technology*. 2020, roč. 26, č. 4, s. 571-576. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/srt.12833>. [cit. 2025-03-27].
- [28] COURAGE + KHAZAKA ELECTRONIC GMBH. *Corneometer CM 825*. Online. 2025. Dostupné z: <https://www.courage-khazaka.com/en/scientific-products/corneometer-cm-825>. [cit. 2025-03-27].
- [29] COURAGE + KHAZAKA ELECTRONIC GMBH. *MoistureMap MM 200*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.courage-khazaka.com/en/?view=article&id=167:moisturemap-e&catid=16>. [cit. 2024-04-04].
- [30] BIOX SYSTEMS LTD. *Epsilon™ Model E100 Skin Hydration Measurement Instrument*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.bioxsystems.com/epsilon-model-e100/>. [cit. 2024-03-27].
- [31] SOTOODIAN, Bahman a MAIBACH, Howard I. Noninvasive test methods for epidermal barrier function. Online. *Clinics in Dermatology*. 2012, roč. 30, č. 3, s. 301-310. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.clindermatol.2011.08.016>. [cit. 2024-04-04].
- [32] GIRARD, Philippe; BERAUD, Anne a SIRVENT, Anne. Study of three complementary techniques for measuring cutaneous hydration in vivo in human subjects: NMR spectroscopy, transient thermal transfer and corneometry – application to xerotic skin and cosmetics. Online. *Skin research and technology*. 2000, roč. 6, č. 4, s. 205-213. Dostupné z: <https://doi.org/10.1034/j.1600-0846.2000.006004205.x>. [cit. 2024-04-04].
- [33] WOLAHAN, Stephanie M.; HIRT, Daniel a GLENN, Thomas C. *Translational Metabolomics of Head Injury: Exploring Dysfunctional Cerebral Metabolism with Ex Vivo NMR Spectroscopy-Based Metabolite Quantification*. Online. CRC Press/Taylor & Francis, 2015. ISBN 9780429071157. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK299232/>. [cit. 2024-04-04].

- [34] SHEN, Xinyi; LAN, Shuming; ZHAO, Yi; XIONG, Yinran; YANG, Wuye et al. Characterization of skin moisture and evaluation of cosmetic moisturizing properties using miniature near-infrared spectrometer. Online. *Infrared Physics and Technology*. 2023, roč. 30, č. 132, s. 104759. ISSN 1350-4495. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2023.104759>. [cit. 2024-04-04].
- [35] PIÉRALD, Gérald E.; PIEÉRDARD-FRANCHIMONT, Claudine; MARKS, R.; PAYE, M. a ROGIERS, V. EEMCO Guidance for the in vivo Assessment of Skin Greasiness. Online. *Skin Pharmacology and Applied Skin Physiology*. 2000, roč. 13, č. 6, s. 372-389. Dostupné z: <https://doi.org/10.1159/000029945>. [cit. 2024-04-04].
- [36] VALLO, Michal. Aktuální přístupy k seboroické dermatitidě. Online. *Dermatologie pro praxi*. 2020, roč. 14, č. 4, s. 184-187. Dostupné z: <https://www.dermatologiepropraxi.cz/pdfs/der/2020/04/03.pdf>. [cit. 2024-03-12].
- [37] PANDE, Sushil Y. a MISRI, Rachita. Sebumeter. Online. *Indian J Dermatol Venereol Leprol*. 2005, roč. 71, č. 6, s. 444-446. Dostupné z: <https://doi.org/10.4103/0378-6323.18959>. [cit. 2023-12-10].
- [38] YOUN, S-W.; PARK, E-S.; LEE, D-H.; HUH, C-H. a PARK, K-C. Does facial sebum excretion really affect the development of acne? Online. *British Journal of Dermatology*. 2005, roč. 153, č. 5, s. 919-924. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2133.2005.06794.x>. [cit. 2024-04-09].
- [39] COURAGE + KHAZAKA ELECTRONIC GMBH. *Sebufix® F 16*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.courage-khazaka.com/en/scientific-products/all-products?view=article&id=163&catid=16>. [cit. 2024-04-09].
- [40] COURAGE + KHAZAKA ELECTRONIC GMBH. *SebumScale*. Online. 2024. Dostupné z: <https://delfintech.com/products/sebumscale/>. [cit. 2024-04-09].
- [41] PROKSCH, Ehrhardt. PH in nature, humans and skin. Online. *The journal of dermatology*. 2018, roč. 9, č. 45, s. 1044-1049. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/1346-8138.14489>. [cit. 2024-03-22].
- [42] DWAYEBOVÁ, Radana. Přehled přípravků k regeneraci bariérové funkce kůže. Online. *Dermatologie pro praxi*. 2020, roč. 14, č. 4, s. 208-212. Dostupné z: <https://www.solen.cz/pdfs/der/2020/04/08.pdf>. [cit. 2024-03-22].

- [43] PARRA, J.L. a PAYE, M. EEMCO Guidance for the in vivo Assessment of Skin Surface pH. Online. *Skin Pharmacology and Applied Skin Physiology*. 2003, roč. 16, č. 3, s. 188-202. Dostupné z: <https://doi.org/10.1159/000069756>. [cit. 2025-03-31].
- [44] JANSEN VAN RENSBURG, Sané; FRANKEN, Anja a DU PLESSIS, Johannes Lodewykus. Measurement of transepidermal water loss, stratum corneum hydration and skin surface pH in occupational settings: A review. Online. *Skin research and technology*. 2019, roč. 5, č. 25, s. 595-605. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/srt.12711>. [cit. 2024-03-22].
- [45] COURAGE + KHAZAKA ELECTRONIC GMBH. *Skin-pH-Meter PH 905*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.courage-khazaka.com/en/scientific-products/efficacy-tests/skin?view=article&id=165&catid=16>. [cit. 2024-02-12].
- [46] CHIBA, Kentaro; HARADA, Yutaro; MATSUMOTO, Hirotaka; MATSUI, Hiroyuki; ITO, Naoya et al. Screen-printed wearable skin surface pH sensor for real-time monitoring of the buffering capacity of human skin. Online. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 2024, č. 416, s. 1635-1645. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00216-024-05165-4>. [cit. 2025-03-31].
- [47] WENGSTRÖM, Yvonne; FORSBERG, Christina; NÄSLUND, Ingemar a BERGH, Jonas. Quantitative assessment of skin erythema due to radiotherapy—evaluation of different measurements. Online. *Radiotherapy and Oncology*. 2004, roč. 72, č. 2, s. 191-197. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.radonc.2004.04.011>. [cit. 2024-05-04].
- [48] BERARDESCA, Enzo; LÉVÊQUE, Jean-Luc a MASSON, Philippe. EEMCO Guidance for the Measurement of Skin Microcirculation. Online. *Skin Pharmacology and Applied Skin Physiology*. 2002, roč. 15, č. 6, s. 442-456. Dostupné z: <https://doi.org/10.1159/000066451>. [cit. 2025-04-06].
- [49] UNIVERZITA TOMÁŠE BATI VE ZLÍNĚ. *Analýza tuků a kosmetických přípravků*.
- [50] COURAGE + KHAZAKA ELECTRONIC GMBH. *Mexameter MX 18*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.courage-khazaka.com/en/scientific-products/all-products?view=article&id=169&catid=16>. [cit. 2024-05-05].
- [51] MATIAS, Ana Rita; FERREIRA, Marta; COSTA, Paulo a NETO, Patrícia. Skin colour, skin redness and melanin biometric measurements: comparison study between Antera®

- 3D, Mexameter® and Colorimeter®. Online. *Skin research and technology*. 2015, roč. 21, č. 3, s. 346-362. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/srt.12199>. [cit. 2024-05-05].
- [52] COURAGE + KHAZAKA ELECTRONIC GMBH. *Skin-Colorimeter Flex CL 440*. Online. 2025. Dostupné z: <https://www.courage-khazaka.com/en/scientific-products/skin-colorimeter-flex-cl-440>. [cit. 2025-04-04].
- [53] PERI FAJARNÉS, Guillermo; MONCHO SANTONJA, María; DEFEZ GARCÍA, Beatriz a LENGUA LENGUA, Ismael. Segmentation methods for acne vulgaris images: Proposal of a new methodology applied to fluorescence images. Online. *Skin research and technology*. 2020, roč. 26, č. 5, s. 734-739. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/srt.12865>. [cit. 2024-05-04].
- [54] COURAGE + KHAZAKA ELECTRONIC GMBH. *Visiopor PP 34 N*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.courage-khazaka.com/en/products-for-cosmetic-consulting/measurements?view=article&id=202:visiopor-marketing-e&catid=23:alle-produkte>. [cit. 2024-05-04].
- [55] ALMA, Antonio; STICCHI, Alberto a CHELLO, Camilla. Dermoscopy, Reflectance Confocal Microscopy and Optical Coherence Tomography Features of Acne: A Systematic Review. Online. *Journal of Clinical Medicine*. 2022, roč. 11, č. 7, s. 1783. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/jcm11071783>. [cit. 2025-04-06].
- [56] RŮŽIČKOVÁ JAREŠOVÁ, Lucie. Stárnutí kůže a péče o ni. Online. *Medicína pro praxi*. 2012, roč. 9, č. 6-7, s. 293-296. Dostupné z: <https://solen.cz/pdfs/med/2012/06/09.pdf>. [cit. 2024-03-10].
- [57] NERADOVÁ, Martina. Možnosti korekce stárnutí pleti. Online. *Dermatologie pro praxi*. 2016, roč. 10, č. 3, s. 148-151. Dostupné z: <https://dermatologiepropraxi.cz/pdfs/der/2016/03/10.pdf>. [cit. 2024-03-10].
- [58] COURAGE + KHAZAKA ELECTRONIC GMBH. *Cutometer Dual MPA 580*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.courage-khazaka.de/en/scientific-products/cutometer-dual-mpa-580>. [cit. 2024-03-10].
- [59] COURAGE + KHAZAKA ELECTRONIC GMBH. *CutiScan CS 100*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.courage-khazaka.com/en/scientific-products/cutiscan-cs-100>. [cit. 2024-05-10].

- [60] CORTEX TECHNOLOGY APS. *Elasticity Probe*. Online. 2025. Dostupné z: <https://www.cortex.dk/skin-analysis/dermalab-combo/elasticity-probe/>. [cit. 2025-04-07].
- [61] COURAGE + KHAZAKA ELECTRONIC GMBH. *Indentometer IDM 800*. Online. 2025. Dostupné z: <https://www.courage-khazaka.com/en/scientific-products/occupational-health/occupational-health/173-indentometer-e>. [cit. 2025-04-07].
- [62] IVANOVA, Zlatina; ALEKSIEV, Teodor; DOBREV, Hristo a ATANASOV, Nikolay. Use of a novel indentometer to evaluate skin stiffness in healthy and diseased human skin. Online. *Skin research and technology*. 2023, roč. 29, č. 7, s. e13384. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/srt.13384>. [cit. 2025-03-11].
- [63]. LABORATOIRE COSDERMA. *Dermal Torque Meter®*. Online. 2025. Dostupné z: <https://cosderma.com/lequipement-de-cosderma/dermal-torque-meter.html?lang=en>. [cit. 2025-04-08].
- [64] LÉVÊQUE, Jean Luc. EEMCO guidance for the assessment of skin topography. Online. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*. 1999, roč. 12, č. 2, s. 103-114. Dostupné z: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1468-3083.1999.tb00998.x?saml_referrer. [cit. 2025-04-13].
- [65] FISCHER, Tobias W.; WIGGER-ALBERTI, Walter a ELSNER, Peter. Direct and Non-Direct Measurement Techniques for Analysis of Skin Surface Topography. Online. *Skin Pharmacology and Applied Skin Physiology*. 1999, roč. 12, č. 1-2, s. 1-11. Dostupné z: <https://sci-hub.se/10.1159/000029840>. [cit. 2025-04-13].
- [66] COURAGE + KHAZAKA ELECTRONIC GMBH. *Visioline® VL 650 (Quantirides®)*. Online. 2025. Dostupné z: <https://www.courage-khazaka.com/en/scientific-products/visioline-vl-650>. [cit. 2025-04-13].
- [67] RESL, Vladimír; CETKOVSKÁ, P.; LEBA, M. a RAMPL, Ivan. Fotometrické zařízení pro měření nerovností kožního povrchu (SkinVisiometer 600). Online. *Česko-slovenská dermatologie*. 2006, roč. 81, č. 4, s. 212-216. Dostupné z: <https://www.prolekare.cz/casopisy/cesko-slovenska-dermatologie/2006-4/fotometricke-zarizeni-pro-mereni-nerovnosti-kozniho-povrchu-skinvisiometer-600-5115/download?hl=cs>. [cit. 2025-04-14].

- [68] COURAGE + KHAZAKA ELECTRONIC GMBH. *Visioscan® VC 20plus*. Online. 2025. Dostupné z: <https://www.courage-khazaka.com/en/scientific-products/visioscan-vc-20plus>. [cit. 2025-04-18]

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Sondy pro měření TEWL. A – s otevřenou komůrkou, B – s uzavřenou komůrkou. (1 – čidla relativní vlhkosti a teploty, 2 – povrch kůže)	22
Obrázek 2 Řez sondou přístroje Tewameter® HEX	23
Obrázek 3 Ilustrace principu měření Corneometer® CM 825	26
Obrázek 4 Zobrazení horizontální distribuce vody přístrojem SkinChip®. A–E 1 žena: A, volární předloktí; B, vrásky očního okolí; C, sliznice rtů a úst; D, oblast pod bradou; E, tvář. F, tvář starého muže (pro porovnání s E)	27
Obrázek 5 Ilustrace principu měření přístrojem Sebumeter® SM 815	30
Obrázek 6 Zobrazení mazových skvrn různých velikostí	31
Obrázek 7 Planární skleněná elektroda	34
Obrázek 8 Jednotlivé části sítotiskového nositelného senzoru pH (A) a senzor umístěný na volární straně předloktí (B)	35
Obrázek 9 Princip měření přístroje Mexameter® MX 18	36
Obrázek 10. Barevný prostor CIELAB	37
Obrázek 11 Porfyriny zobrazené přístrojem Visiopor® PP 34N	38
Obrázek 12 RCM snímky uzavřeného komedonu (šipka), s dobře definovaným infundibulem a tlustými jasnými okraji (A); otevřený komedon (šipka) s velkým infundibulem a hyperreflexními nepravidelnými okraji vyplněnými amorfním materiálem (tečka) (B); papula, vykazující hojný zánětlivý infiltrát složený z mnoha řídkých hyperreflexních buněk (šipka) na trnové vrstvě epidermis (C), a pustula charakterizovaná přítomností hyperreflexního organizovaného zánětlivého infiltrátu uvnitř pustulární dutiny (tečka) (D).	39
Obrázek 13 Princip měření přístrojem Cutometer®	41
Obrázek 14 Grafické znázornění anizotropie pokožky přístrojem Cutiscan® CS 100	43
Obrázek 15 Různé hloubky deformace povrchu pokožky indentorem	44
Obrázek 16 Ilustrace principu měření metodou vrhání stínů. Replika kožní vrásky (A); světlo dopadající na repliku pod definovaným úhlem (B); měřený vržený stín (C).	46
Obrázek 17 Princip přístroje pro měření absorpce světla	47
Obrázek 18 Dvě různá zobrazení kožního povrchu pomocí obrazové analýzy:	48

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Klasifikace typů pleti podle BSTS	16
Tabulka 2 Parametry pro posouzení pleti podle BSTS a jejich stupnice.....	17
Tabulka 3 Interpretace výsledků hodnot TEWL.....	22
Tabulka 4 Referenční hodnoty pro hodnocení typu pleti obličeje podle sekrece kožního mazu měřené Sebumetrem [$\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$]	31
Tabulka 5 Hodnoty pH povrchu kůže různých anatomických oblastí těla.	33
Tabulka 6 Parametry R softwaru Cutometer® Dual MPA 580.....	42
Tabulka 7 Parametry F softwaru Cutometer® Dual MPA 580	42
Tabulka 8 Parametry Q softwaru Cutometer® Dual MPA 580.....	43

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

BSTS	Baumann skin typing systém (systém typologie pleti podle Baumann)
CCD	Charge-coupled device (zařízení s vázanými náboji, princip elektronického snímání obrazu)
CIE	Commission Internationale de l'Éclairage (mezinárodní komise pro osvětlování)
CIELAB	Model vyjádření barevného prostoru
CRI	Color rendering index (index podání barev)
EEMCO	European Expert Group on Efficacy Measurement of Cosmetics and other Topical Products (Evropská expertní skupina pro měření účinnosti kosmetických přípravků a dalších topických produktů)
LED	Light-Emitting Diode (elektroluminiscenční dioda)
NIRS	Near infrared spectroscopy (blízká infračervená spektroskopie)
NMF	Natural moisturizing factor (přírozený hydratační faktor)
NMR	Nuclear magnetic resonance (nukleární magnetická rezonance)
RCM	Reflexion contrast microscopy (reflexní konfokální mikroskopie)
SC	Stratum corneum (rohová vrstva)
SELS	Surface evaluation of the living skin (vyhodnocení povrchu živé kůže)
SEr	Surface evaluation of roughness (vyhodnocení drsnosti kožního povrchu)
SEsc	Surface evaluation of scaliness (vyhodnocení šupinatění kožního povrchu))
SEsm	Surface evaluation of smoothness (vyhodnocení vyhlazení kožního povrchu)
SEw	Surface evaluation of wrinkles (vyhodnocení vrásky kožního povrchu)
TEWL	Transepidermal water loss (transepidermální ztráta vody)
UV	Ultra violet (ultrafialové záření)