

Mastering v době streamovacích platforem

Vincent Stránský

Bakalářská práce
2022

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta multimediálních komunikací

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta multimediálních komunikací
Ateliér Audiovize

Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Vincent Stránský**
Osobní číslo: **K19143**
Studijní program: **B8209 Teorie a praxe audiovizuální tvorby**
Studijní obor: **Audiovizuální tvorba – Zvuková skladba**
Forma studia: **Prezenční**
Téma práce: **1. Teoretická část: Mastering v době streamovacích platforem**
2. Praktická část: Zvuková skladba audiovizuálního díla (vyrobeného v systému řízené výroby FMK) v minimální délce 12 minut, ve výstupní kvalitě uvedené ve Výrobní knize AAV.

Zásady pro vypracování

1. Teoretická část:

Rozsah práce: minimálně 15 normostran textu bez započítání obsahu, rejstříku a obrazových příloh.

Formální podoba: Jednotná formální úprava teoretické části práce, její uložení a zpřístupnění se řídí aktuální verzí příslušné směrnice rektora. Student odevzdává 1 ks fyzické (tištěné) práce v pevné vazbě. Tištěná verze práce obsahuje originální „Zadání DP/BP“ včetně příslušných podpisů a studentem podepsané Prohlášení o původnosti práce. Práce v elektronické podobě obsahuje nascanované „Zadání DP/BP“ se všemi formálními náležitostmi a také nepodepsané Prohlášení studenta o původnosti práce. Plný text elektronické verze ve formátu PDF/A a případné přílohy (zkomprimované do jednoho zip souboru) student odevzdá nahráním do IS/STAG a do příslušné složky na NAS-AAV (viz níže).

Pokyny k vypracování: prostudujte a analyzujte dostupné materiály z profesního hlediska a formulujte závěry a získané vědomosti do podoby akademického/odborného textu.

2. Praktická část:

Přípustné varianty praktické části:

1) Zvuková skladba audiovizuálního díla (vyrobeného v systému řízené výroby FMK) v minimální délce 12 minut, ve výstupní kvalitě uvedené ve Výrobní knize AAV.

2) Zvuková skladba souboru audiovizuálních děl oficiálně schváleného před odevzdáním Výrobní komisí ateliéru Audiovizuální tvorba, ve výstupní kvalitě uvedené ve Výrobní knize AAV.

3) Zvuková skladba souboru krátkých animovaných filmů v celkové délce 10 minut. Varianta musí být schválena před odevzdáním Výrobní komisí ateliéru Audiovizuální tvorba.

Další požadované materiály praktické části:

a) Upoutávka, teaser či trailer na předložené audiovizuální dílo (var. 1 a 2).

b) Písemná explikace z pohledu dané specializace. Minimální rozsah 2 normostrany (var. 1, 2, 3).

c) Anotace (var. 1, 2, 3).

d) Technický scénář (var. 1).

e) Štábová listina (var. 1, 2).

V případě, že je dílo autorským počinem nebo není součástí praktické části SZS studenta Produkce, je nutné dodržet doložení požadovaných materiálů a-h dle zadání specializace Produkce. Tato data odevzdává za projekt vždy jeden člověk. Nezbytná je konzultace s vedením AAV.

Všechny odevzdávané materiály musí splňovat vnitřní technické normy dle Výrobní knihy AAV pro odevzdávání prací a musí být řádně popsány (jméno, název, logo fakulty, formát, rozlišení). Součástí závěrečné práce je vytištěný a podepsaný formulář „Údaje o bakalářské práci studenta“.

Uložení na NAS:

Ve složce na NAS-AAV, označené „Bakalářská / Magisterská práce“ uložte:

1. Teoretickou práci ve formátu PDF/A a případné přílohy (zkomprimované do jednoho zip souboru) dle specifikací výše.

2. Vytvořte podsložku Praktická práce, která bude obsahovat materiály částí a- h. Řádně nazvaný film/absolventské dílo odevzdávejte ve formátech splňujících vnitřní technické normy AAV pro odevzdávání prací.

3. Vytvořte podsložku s názvem Katalog, která bude obsahovat „Podklady pro katalog FMK UTB ve Zlíně“: 10 kusů obrazové dokumentace praktické části závěrečné práce pro využití v publikacích FMK. Formát pro bitmapové podklady: JPEG, barevný prostor RGB, rozlišení 300 dpi, 250 mm delší strana. Formáty pro vektory: AI, EPS, PDF. Loga a texty v křivkách. V samostatném textovém souboru uveďte jméno a příjmení, login do portálu UTB, obor (ateliér), typ práce, přesný název práce v češtině i v angličtině, rok obhajoby, osobní e-mail, osobní web, telefon. Přiložte svou osobní fotografii v tiskovém rozlišení.

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- B. Martin, and A. Carr, „Achieving Great Sound in the Age of Loudness Wars,” Engineering Brief 18, (2011 October).
YA. BU. Tamer, „Spectral and Dynamic Analyses of Popular Music Playlists: The Concept of Presence Optimization for Digital Music Streaming Playback,” *J. Audio Eng. Soc.*, vol. 69, no. 5, pp. 309-322, (2021 May.). doi: <https://doi.org/10.17743/jaes.2021.0006>.
E. Grimm, „Analyzing Loudness Aspects of 4.2 Million Musical Albums in Search of an Optimal Loudness Target for Music Streaming,” Paper 10268, (2019 October).
KATZ, Bob. *Mastering audio: the art and the science*. 2nd ed. Amsterdam: Focal Press, 2007. ISBN 0240808371.

Vedoucí teoretické části: **MgA. Pavel Hruda**
Ateliér Audiovize

Vedoucí praktické části: **MgA. Pavel Hruda**
Ateliér Audiovize

Datum zadání bakalářské práce: **1. prosince 2021**

Termín odevzdání bakalářské práce: **20. května 2022**



Mgr. Josef Kocourek, Ph.D.
děkan

MgA. Irena Kocí, Ph.D.
vedoucí ateliéru

Ve Zlíně dne 1. prosince 2021

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ / DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

- bakalářská/diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a bude dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou/diplomovou 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 UTB 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/diplomovou 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/diplomové 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/diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské/diplomové 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/diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.

Ve Zlíně dne: 2.5.2022

Jméno a příjmení studenta: Vincenc Stránský

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Cílem práce je detailně popsat podmínky pro mastering hudebních nahrávek v roce 2022. Tato práce mapuje vývoj masteringu od jeho počátků až po jeho dnešní podobu. Vzhledem k tomu, že drtivou většinu trhu s distribucí hudby ovládly streamovací služby jako Spotify nebo Apple Music, popisuje tato práce procesy, které s hotovou nahrávkou tyto platformy provádí. Práce se odkazuje na odborné technické dokumenty definující princip měření hlasitosti zvukových nahrávek pro jejich následnou normalizaci. V práci je vysvětleno nelineární chování lidského slyšení a z toho plynoucí důsledky pro měření a subjektivní vnímání hlasitosti nahrávek. Na základě analýzy výše zmíněných témat práce obsahuje doporučení k tomu, jak k masteringu přistupovat v roce 2022 a odhaduje, jak se bude situace vyvíjet v nadcházejících letech.

Klíčová slova: mastering, Spotify, Apple Music, streamovací platformy, normalizace hlasitosti

ABSTRACT

The aim of the thesis is to explain the conditions for mastering music records in 2022. This paper maps the evolution of mastering since its beginnings until today's form. Considering the vast majority of the market is owned by streaming services such as Spotify or Apple Music, it is this thesis that describes the processes of the final record conducted by these platforms. The paper refers to technical documents defining the principle of tracking record's loudness for its later normalization. Non-linear behavior of human hearing is explained and so are its consequences for determining the exact loudness and the subjective perception of loudness of the record. On the basis of an analysis of the previously mentioned items, the thesis contains recommendations for mastering in 2022 and predicts how the situation will evolve in the following years.

Keywords: mastering, Spotify, Apple Music, streaming platforms, loudness normalization

Děkuji vedoucímu práce MgA. Pavlu Hrudovi za věcné připomínky a podněty k tématům práce. Také děkuji všem, se kterými jsem práci v průběhu konzultoval.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 MASTERING V HISTORICKÉM KONTEXTU	11
1.1 OBDOBÍ PŘED VZNIKEM MASTERINGU	11
1.2 NÁZNAKY PŘÍCHODU MASTERINGU	13
1.3 MASTERING JAKO SAMOSTATNÁ DISCIPLÍNA	13
1.4 LOUDNESS WARS	14
2 MASTERING DNES	16
2.1 LOUDNESS WARS JSOU U KONCE	18
2.2 ZVÍTĚZILA HLASITOST	19
2.2.1 Vnímání hlasitosti a dynamických kvalit nahrávek	20
3 DISTRIBUCE SKRZ STREAMOVACÍ PLATFORMY	23
3.1 KONVERZE	23
3.2 NORMALIZACE	25
3.2.1 ITU-R BS.1770-4	26
3.2.2 Jaká je situace nyní.....	28
3.2.3 Jaká může být budoucnost	29
4 PODMÍNKY PRO MASTERING V ROCE 2022	30
4.1 JAK K MASTERINGU PŘISTUPOVAT DNES.....	32
4.1.1 Hodnota špiček.....	32
4.1.2 Programová hlasitost.....	32
4.1.3 Frekvenční vyrovnanost.....	33
4.1.4 Srovnávání s referenčními nahrávkami.....	34
ZÁVĚR	36
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	37
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	39
SEZNAM OBRÁZKŮ	40

ÚVOD

Jedním z nejdiskutovanějších témat ve světě zvukového inženýrství je posledních několik let mastering. Hlavním důvodem jsou streamovací platformy, které svým ovládnutím trhu s hudební distribucí přinesly pro profesionály v oblasti výroby zvukových nahrávek několik specifíků. Všechny velké streamovací služby používají normalizaci hlasitosti. Využití normalizace je logickým krokem, posluchač by díky ní měl prožívat kontinuální poslech hudby bez skoků v hlasitosti mezi různými nahrávkami. Zároveň již díky normalizaci není nutné nahrávky extrémně dynamicky limitovat, jako tomu bylo za dob tzv. Loudness Wars. Hlasitější nahrávky zní lidem kvůli nelinearitě lidského slyšení zpravidla lépe. To dříve vedlo k tomu, že se vydavatelé snažili nahrávky dokončovat v co nejvyšší hlasitosti, aby se posluchači jevily lépe než nahrávky konkurence. Dnes jsou však hodnoty hlasitosti, na kterou je obsah normalizován, pro všechny streamovací platformy nastaveny ve srovnání s typickými hladinami hlasitosti nahrávek z období Loudness Wars poměrně nízko, což nechává nahrávkám možnost zanechat si větší dynamický rozsah, který již není třeba ničit extenzivní kompresí a limitací signálu. Velmi hlasité, ale dynamicky ploché, silně limitované nahrávky budou díky normalizaci stejně ztišeny, takže snaha o co nejhlasitější nahrávku v tomto smyslu ztrácí význam.

Teoreticky tak normalizace přináší samá pozitiva. Praxe je ale mnohem složitější a dodržování doporučení k programové hlasitosti a dynamickému rozsahu nahrávek nemusí nutně znamenat, že hotová nahrávka bude znít ve srovnání s konkurencí kompetitivně. Do rozhodnutí, jak pracovat s dynamickými kvalitami nahrávky, zasahuje mnohem více faktorů.

Jak je možné, že normalizace nefunguje dokonale? Dá se dogmaticky a exaktně sepsat sada parametrů, kterými by měla každá hotová nahrávka disponovat, aby po normalizaci zněla ve srovnání s konkurencí kompetitivně? Je měřitelná hlasitost vůbec natolik rozhodující pro subjektivní vnímání hlasitosti při poslechu? Změnil se přístup k masteringu po ovládnutí hudební distribuce streamovacími platformami? Odpovědi na tyto otázky se v práci pokusím co nejlépe zodpovědět.

Pro potřeby této práce se zabývám výhradně masteringem hudebních nahrávek. Mastering je někdy spojován také s finalizací zvuku pro audiovizuální obsah a finalizací zvukového obsahu obecně, ale tomu se v této práci z důvodu komplexnosti tématu nevěnuji.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 MASTERING V HISTORICKÉM KONTEXTU

Přesto, že je mastering, stejně jako celá výroba hudebních nahrávek, poměrně mladé odvětví, prošel si za dobu své existence určitými vývojovými fázemi. Dříve byl mastering hlavně technická profese, jejímž cílem bylo vytvoření tzv. master copy, ze které byly vytvářeny duplikáty, které byly dále distribuovány. Master copy je konečná verze nahrávky zanesená na fyzické médium, ze kterého se vytvářely distribuční kopie, které byly prodávány zákazníkům. V dnešní době se jedná o práci, která je svěřována masteringovým inženýrům s osobním vkusem a charakteristickým sonickým podpisem. Při masteringu je dnes typicky mnohem více zasahováno do zvuku nahrávky z estetických důvodů a z masteringu se stala umělecká disciplína, která formuje finální zvukový charakter každé hudební nahrávky. To však neznamená, že by dnes masteringoví inženýři nemuseli znát technické podmínky vzniku nahrávek. Naopak znalost podmínek pro výrobu a distribuci nahrávek je zásadní pro estetická rozhodnutí, která probíhají v procesu masteringu. Význam masteringu a způsob práce masteringového inženýra prošly určitým vývojem. V této kapitole popíšu, kdy a proč mastering vznikl, jak se vyvíjel, a jaká je jeho role dnes.

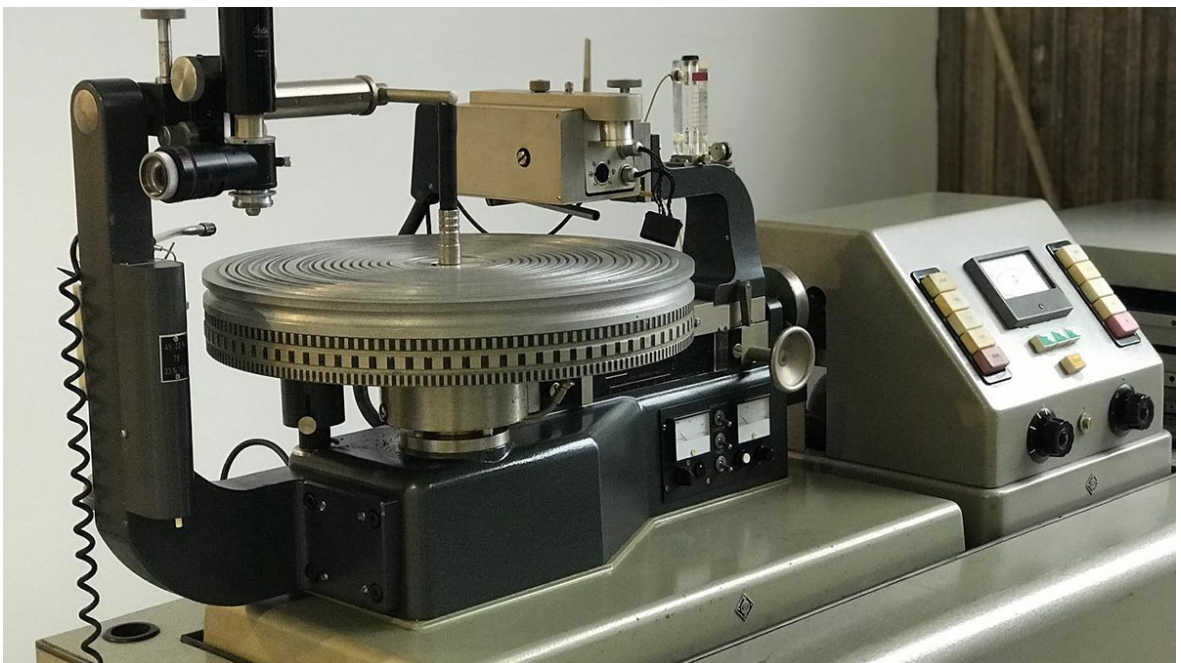
1.1 Období před vznikem masteringu

V rané fázi výroby hudebních nahrávek mastering jako samostatný proces vlastně vůbec neprobíhal. Hudební produkce byla jednoduše zaznamenána přímo na voskový váleček, později na gramofonovou desku, a tím byla nahrávka vyhotovena. Estetické kvality nahrávky tak byly přímo ovlivněny technickými limitacemi raného období výroby zvukových záznamů. Lidský, estetický zásah do zvuku těchto raných nahrávek byl značně omezen. Technologický vývoj však přinesl nové možnosti, jak s nahrávkou dále pracovat.

Mastering se objevuje poprvé po Druhé světové válce. K nahrávání se začaly používat magnetické pásy, ze kterých bylo potřeba vytvořit master copy vyřezáním záznamu do vinylové desky. (Auld, 2004)



Obrázek 1: Záznam zvuku na voskový váleček



Obrázek 2: Soustruh pro řezání záznamu do vinylových desek

1.2 Náznaky příchodu masteringu

Do cesty mezi magnetický pás a soustruh pro výrobu master kopií byly poprvé použity speciální dynamické limitory a kompresory během 60. let 20. století. Důvody byly technologické. Magnetický pás dokáže pojmout signál o vyšší hlasitosti a se signálovými špičkami si poradí. Soustruhy master kopií byly ale vůči těmto hlasitým pasážím náchylné a signál byl zkreslený, nebo přímo zařízení dokázal poškodit. Dalším důvodem byl zájem o vytvoření nahrávek s větším dynamickým rozsahem. Gramofonové jehly ale mají problém velmi dynamický obsah přehrát a mají tendenci vyskakovat z drážky. (Auld, 2004)

V této fázi se nicméně jednalo o víceméně automatizovaný proces. Účelem kompresorů a limiterů bylo nahrávku dynamicky upravit pro přenos na jiné médium, nikoli měnit dynamické kvality nahrávky z estetický důvodů.

1.3 Mastering jako samostatná disciplína

Nedokonalosti automatizovaného masteringového procesu donutily nahrávací společnosti věnovat tomuto problému více pozornosti. Díky tomu na konci 60. let vznikly první dedikovaná masteringová studia. Mezi prvními pionýry nové specializace, kteří studia zakládali, byli Doug Sax, Bob Ludwig a Bob Katz. Díky odhodlání těchto prvních inženýrů se z masteringu stala respektovaná profese a na obálkách nahrávek se začaly objevovat jména masteringových inženýrů. (Auld, 2004)

Postupem času se z masteringu stala nedílná součást produkce v podstatě každé hudební nahrávky. Začala se stavět oddělená masteringová studia, která se technickým vybavením lišila od nahrávacích studií s režii stavěnou pro potřeby nahrávání a mixáže.



Obrázek 3: Masteringové studio Boba Katze

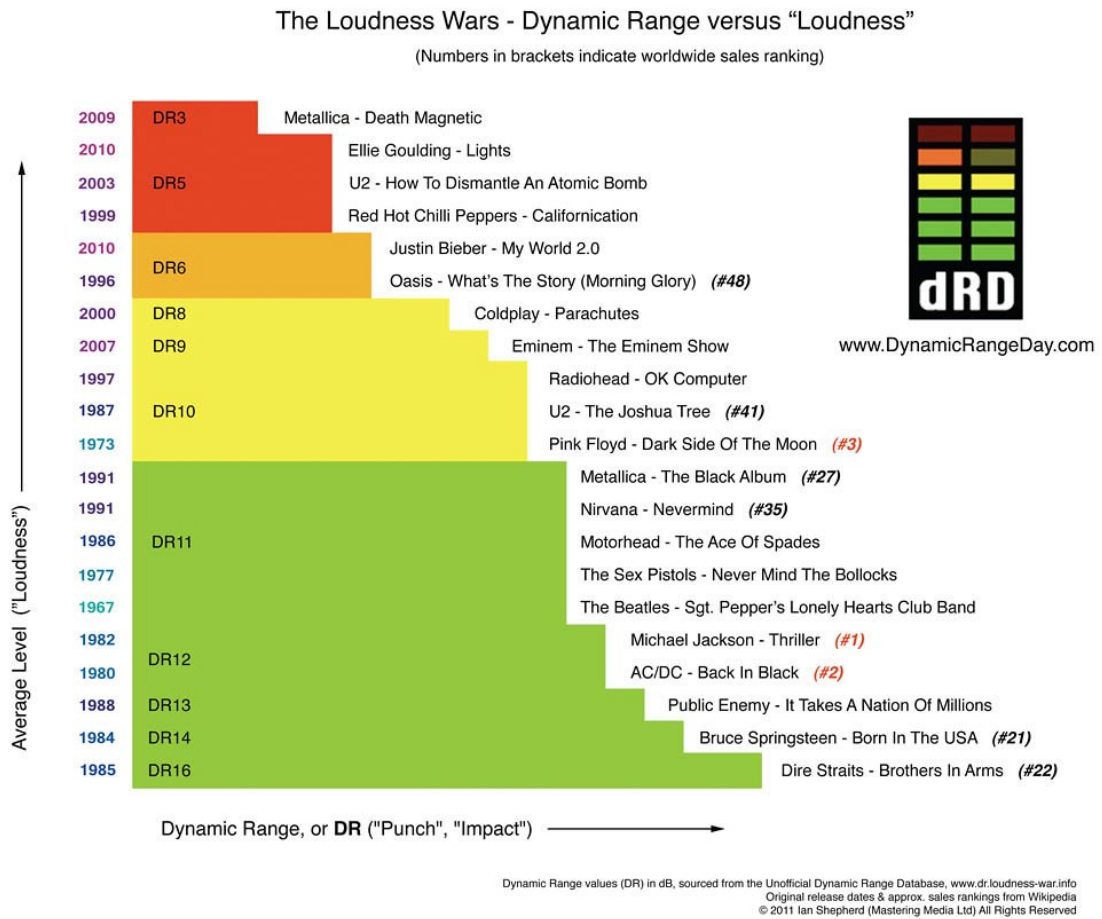
1.4 Loudness Wars

Pokud se bavíme o masteringu v historickém kontextu, je nutné zmínit pojem „Loudness Wars“, neboli hlasitostní války.

Loudness Wars je termín, který označuje narůstající hlasitost hudebních nahrávek, hlavně těch distribuovaných na CD nosičích, v důsledku dynamické komprese a limitace, které měly sloužit k tomu, že nahrávka bude hlasitější než konkurenční nahrávky. Toto se dělo navzdory tomu, že technologický vývoj umožňoval nahrávky finalizovat s velkým dynamickým rozsahem, který by jim dodal hloubku. Toto zašlo po roce 2000 tak daleko, že nově vznikající nahrávky měly běžně menší dynamický rozsah, než jakým disponovaly nahrávky zaznamenané na fonografických válečkách. Krátkodobě zní lidem hlasitější obsah lépe, proto je často používána dynamická komprese k dosažení vyšší hlasitosti. Na druhou stranu hyperkomprese je obecně vnímána tak, že znehodnocuje dynamiku nahrávek a odstraňuje tak emoční sílu hudby. (Vickers, 2010)

Nahrávky byly v důsledku snahy o co nejvyšší hlasitost extenzivně dynamicky limitovány. Tento jev je vnímán všeobecně negativně, jelikož dynamický rozsah vytváří v nahrávce hloubku a rozdíly mezi jednotlivými prvky aranže. Dynamika má také velký vliv na emoční

vnímání hudby. Dynamicky ploché nahrávky nejsou příjemné na poslech a postrádají přirozenost.



Obrázek 4: Srovnání dynamických rozsahů známých nahrávek v průběhu Loudness Wars

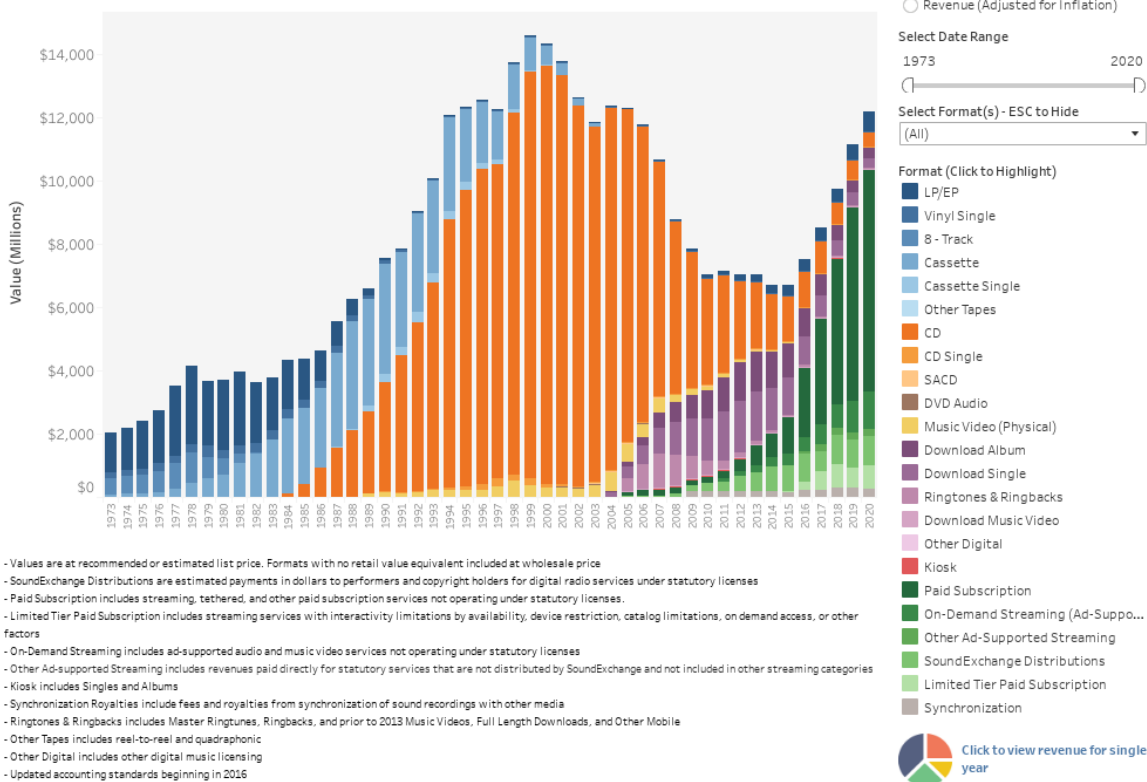
2 MASTERING DNES

Dnes je drtivá většina hudby distribuována digitálně. Práce masteringového inženýra se tak typicky odehrává v digitálním prostředí, není již vždy potřeba umět pracovat se soustruhem gramofonových desek. Význam samotného pojmu se také změnil. Masteringem se v dnešní době rozumí primárně tvůrčí proces, poslední krok v produkci hudební nahrávky a nejedná se již o výhradně technickou profesi. Jednotliví masteringoví inženýři mají své vlastní filozofie, jak k masteringu přistupovat a vlastní vkus, se kterým práci provádí. Na základě toho si je interpreti nebo producenti a vydavatelství vybírají.

U.S. Recorded Music Revenues by Format

1973 to 2020, Format(s): All

Source: RIAA



Obrázek 5: Obraty z prodeje hudby nahrané v USA v letech 1973-2020 podle RIAA

Z Obrázku 5 je jasně patrné, že veškeré distribuci hudebních nahrávek dominuje sektor streamovacích služeb.

Mastering je finální proces tvorby nahrávky, při kterém jsou prováděny úpravy na celém zvukovém mixu. Může se jednat o podpoření sonických kvalit mixu, rozšíření stereo báze nebo kontrolu, jestli mix neobsahuje jakékoli rušivé elementy. Výsledkem je konzistentní nahrávka, která zní co nejpodobněji na všech reprodukcích zařízeních. Mastering také zahrnuje srovnání jednotlivých písní v rámci jednoho alba a připraví celé album k následné distribuci. V dnešní době je mastering nutný k dosažení profesionálního zvuku, který známe z televize, rádia nebo streamu. (iZotope, 2022)

Masteringový inženýr dostane do rukou finální mix nahrávky nebo tzv. stems, což jsou v případě typické hudební nahrávky stereofonní stopy nástrojových skupin. Digitální prostředí a neustále se vyvíjející trh nabízejí nespočetně možností, jak s finálním mixem během masteringu dál nakládat. Typickými procesory jsou ekvalizéry, kompresory, enhancery, saturátory, stereo imagery nebo limitery.



Obrázek 6: Masteringový kompresor Shadow Hills

Prací masteringového inženýra je zpravidla také zápis metadat do výsledných master souborů. Tato metadata mohou obsahovat informace o interpretovi a autorovi hudby, o producentovi nahrávky, o vydavateli, o názvu alba atd. V případě masteringu celého alba je masteringový inženýr taktéž zodpovědný za plynulost v návaznosti jednotlivých skladeb, ať už se to týká hlasitosti a dynamických vlastností jednotlivých písní, nebo délky mezer mezi nimi.

Velké množství nahrávek v dnešní době vzniká v poloprofesionálních nebo amatérských podmínkách. Díky levnější elektronice a digitalizaci průmyslu se objevilo mnoho domácích nahrávacích studií, které se snaží vyrábět nahrávky v ne úplně ideálních podmínkách. S nárůstem tohoto trendu se začaly objevovat poloautomatizované a automatizované masteringové procesory. Dnes existují internetové služby, které mastering provedou v řádu sekund. Jestli se tento proces ale vůbec dá nazývat masteringem je sporné, jelikož mnoho lidí vnímá podstatu masteringu právě v tom, že nahrávka projde rukami profesionála, který nebyl v produkci nahrávky až do fáze masteringu zainteresován. Masteringový inženýr pak může nabídnout nezaujatý subjektivní pohled na kvality nahrávky a dále s ní pracovat. Tyto automatizované procesy nemůžou nabídnout svůj osobní vkus, který by se do nahrávky promítnul, jelikož fungují na principu umělé inteligence, která dodanou nahrávku analyzuje a na základě podobností provede finalizaci, která by ji měla zvukově přiblížit k nahrávkám podobného žánru.

Nejdiskutovanějším tématem z hlediska masteringu je posledních několik let výsledná hlasitost nahrávek. Toto téma tady bylo vždy, ale pravděpodobně mu nikdy nebylo věnováno tolik pozornosti, jako právě teď. Vzhledem k tomu, že drtivá většina hudby je distribuována skrze streamovací platformy, které uplatňují normalizaci hlasitosti, je zájem o toto téma pochopitelný. Informace, které jsou k problematice dohledatelné, jsou často matoucí a nezřídka si protiřečí. Na tuto problematiku má mnoho lidí rozdílný názor. Faktem ale zůstává, že nahrávky po nahrání na streamovací platformy prochází dalšími úpravami. Zaprvé dochází ke konverzi původních masterů z vysokého rozlišení do ztrátových formátů a zadruhé probíhá již zmíněná normalizace hlasitosti. Dává smysl, že pokud chceme mastering provádět kvalitně, musíme se těmito procesy zabývat, jelikož uživatel neposlouchá stejné soubory, které byly dodány k distribuci. Otázka pak je, jak postupovat, aby rozdíl mezi původním master souborem ve vysokém rozlišení a souborem, který se dostane k posluchači, byl po konverzi na straně streamu co nejmenší.

2.1 Loudness Wars jsou u konce

Podle prohlášení věhlasného Boba Katze z konference Audio Engineering Society z podzimu 2013 jsou Loudness Wars, neboli hlasitostní války, u konce. Tento názor je založen na tom, že po normalizaci, kdy je různý obsah přehráván při stejné hlasitosti, již není třeba, aby se zvukoví inženýři předháněli v tom, kdo dokáže vytvořit nejhlasitější nahrávku. (Robjohns, 2014)

Důvodem začátku Loudness Wars bylo údajně pozorování z 50. let, kdy lidé měli v jukeboxech častěji pouštět hlasitěji zmasterované gramofonové desky. Gramofonová deska ale dokáže pojmout pouze určitou míru hlasitosti, než je obsah nepřehratelný. Zlom přišel s příchodem digitalizace a CD nosičů, ze kterých je možné zvuk přehrávat nehledě na to, s jakou hlasitostí byly zvukové soubory na CD zapsány. Od konce 80. let tak průměrná hlasitost nahrávek obecně roste a dynamický rozsah klesá s jediným cílem – vytvořit hlasitější nahrávku než konkurence. Je paradoxní, že CD, které dovoluje skladovat zvukový obsah s velkým dynamickým rozsahem, se nakonec stalo symbolem Loudness Wars a dynamicky plochých nahrávek. (Robjohns, 2014)

Vzhledem k tomu, že normalizace srovná hlasitost nahrávek na stejnou měřitelnou úroveň, by skutečně nemělo dávat smysl pokračovat v dynamické limitaci nahrávek kvůli co nejvyšší hlasitosti. Otázkou ale zůstává, zda Loudness Wars skutečně skončily, nebo zda se pouze nezměnila pravidla hry a boj nadále pokračuje. S tím rozdílem, že se snažíme dosáhnout co nejvyšší hlasitosti po normalizaci streamovací službou, což je logicky mnohem těžší než při masteringu nahrávku jednoduše dynamicky limitovat s cílem dosáhnout co nejvyšší absolutní hlasitosti.

2.2 Zvítězila hlasitost

Neustávající snaha o výrobu hlasitých masterů je logická. Relativně hlasitější nahrávky upoutají v kontextu ostatních nahrávek naši pozornost. Je také dokázáno, že krátkodobě zní hlasitější obsah lépe. Z masteringu pro streamovací služby se proto stalo velké téma. Ze snahy o absolutně nejhlasitější nahrávku se stala snaha o nejhlasitější nahrávku pro streamovací služby.

Přesto, že by normalizace měla teoreticky zaručit, že bude různý obsah znít stejně hlasitě, často tomu tak není. Normalizace zaručuje pouze to, že bude různý obsah přehráván při stejné měřitelné hlasitosti. Naprogramovat systém, který by dokázal přesně replikovat lidský sluch, v podstatě není možné už jenom kvůli tomu, že žádní dva lidé neslyší naprosto stejně. Normalizace by teoreticky skutečně měla zaručit, že nehledě na původní hlasitost nahrávky nebude při přehrávání citelný rozdíl mezi jednotlivými umělci, alby a skladbami. Skutečnost je ale taková, že rozdíly jsou stále vnímatelné i po normalizaci. Měřicí algoritmy jsou naprosto přesné. V tom ale částečně tkví jejich problém. Pokud vezmeme hlasitou nahrávku rockové skupiny s nízkým dynamickým rozsahem, a naopak nahrávku písničkáře s akustickou kytarou s velkým dynamickým rozsahem a mnohem nižší průměrnou hlasitostí,

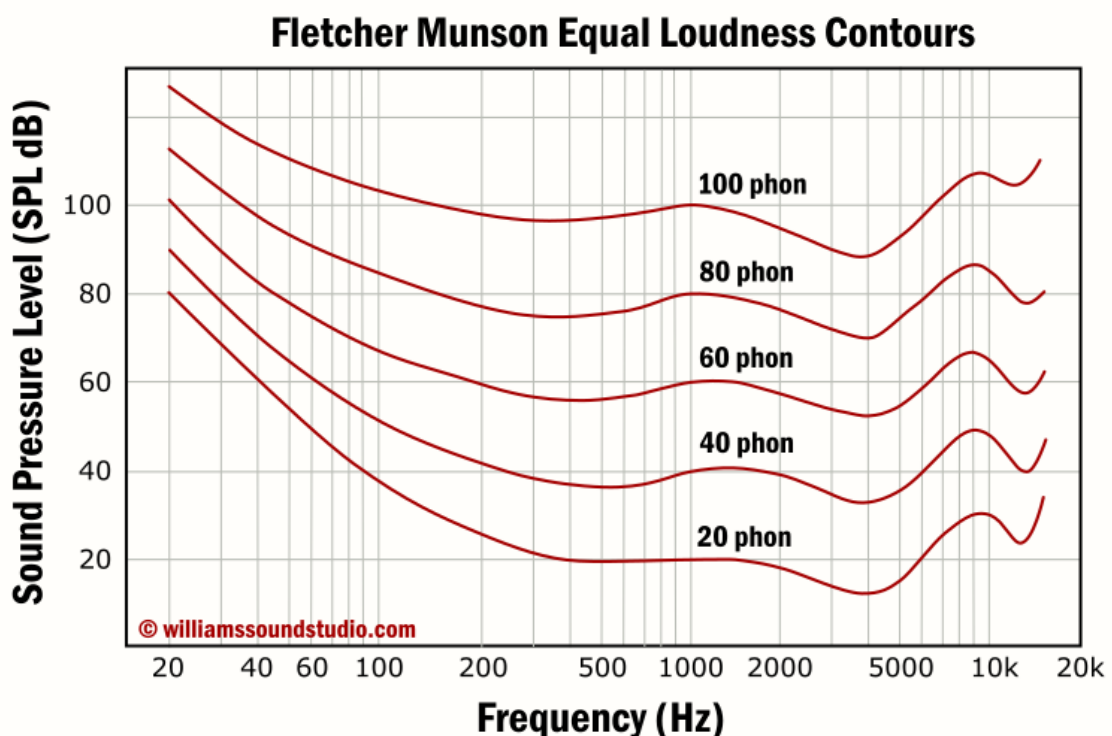
po normalizaci se může stát, že subjektivně bude rocková nahrávka znít tišeji. Algoritmus obě nahrávky exaktně změří a dorovná hlasitost na stejnou měřitelnou úroveň. Nebere ale v potaz dynamické kvality nahrávek z estetického hlediska ani přibližný žánr nahrávek, který by normalizaci upravil takovým způsobem, aby folková písnička nehrála po normalizaci paradoxně subjektivně hlasitěji než hard rocková skladba, která byla masterovaná na mnohem vyšší měřitelnou i vnímatelnou hlasitost.

2.2.1 Vnímání hlasitosti a dynamických kvalit nahrávek

Algoritmy měřící hlasitost nahrávek jsou z principu naprosto přesné. Problém je v tom, že lidské ucho nevnímá zvuk lineárně, a proto je problém měřit hlasitost exaktně takovým způsobem, který by odpovídal lidskému vnímání hlasitosti. Do toho navíc ještě zasahují specifika každého jedince, jako je např. stavba lebky, které dokážou zvuk dále ovlivňovat a vytváří tak rozdíly ve vnímání zvuku mezi jednotlivci.

Lidské ucho vnímá při stejné hlasitosti rozdílné frekvence různě hlasitě. Tento jev se ještě mění spolu s tím, při jaké hlasitosti posloucháme. Čím je zvuk hlasitější, tím se rozdíly ve vnímané hlasitosti mezi částmi frekvenčního spektra zmenšují.

Tento jev detailně popsali Harvey Fletcher a Wilden A. Munson a frekvenční odezvu lidského ucha zanesli do tzv. Fletcher-Munsonovy křivky. (Wikipedia, 2021)



Obrázek 7: Křivka stejné hlasitosti podle Fletchera a Munsona

Evolučně bylo pro lidi důležité vnímat určité části frekvenčního spektra více než jiné. Proto jsme na tyto frekvence citlivější a vnímáme je hlasitěji. Toto platí pro jakýkoli zvuk, který sluchem vnímáme, takže i pro hudbu. Jelikož jsme obecně citliví na frekvence ve vyšších středech, rámcově na oblast kolem 3-4 kHz (viz. Obr. 7), je vhodné tyto frekvence zdůraznit u složek nahrávky, které mají znít hlasitě, zřetelně, blízce. Obsah frekvencí, na které jsme citlivější, je nepochybně důležitý pro srozumitelnost nahrávky, ale také pro vnímání subjektivní hlasitosti nahrávky. Toto dokazuje, že je rozdíl mezi měřitelnou, exaktní, číselnou hlasitostí, a subjektivně vnímanou hlasitostí. A taky to, že frekvenční a tonální vyrovnanost nahrávky je stejně důležitá, ne-li důležitější než samotná měřitelná hlasitost.

Měření podle ITU 1770 se s problémem nelinearity lidského slyšení snaží vyrovnat pomocí prefiltrace signálu K-váhováním. Tento filtr pomocí horní propusti odfiltruje spodní frekvence, které pro vnímání hlasitosti nejsou zásadní. Dále filtr zesiluje frekvence od vyšších středů, které jsou naopak vnímány hlasitěji. Díky této prefiltraci by měření mělo být přesnější a poskytnout výsledky podobnější tomu, jak vnímají hlasitost lidé na základě frekvenčního obsahu nahrávky. Prefiltrace je podrobněji vysvětlena později v podkapitole 3.2.1 ITU-R BS.1770-4.

To, že hlasitější nahrávka nám bude znít lépe než nahrávka méně hlasitá, je důsledek právě nelinearity lidského slyšení. Když pustíme tutéž zvukovou stopu s nižší a následně vyšší amplitudou, budeme preferovat tu s vyšší amplitudou. Při vyšší hlasitosti budeme vnímat více frekvencí s nízkým a vysokým kmitočtem. Proběhly výzkumy, které zkoumaly vliv komprese dynamického rozsahu na preferenci posluchačů. Výsledky experimentu neukázaly shodu mezi DRC (kompresí dynamického rozsahu) a preferencí posluchačů. Jiné experimenty ale poukázaly například na to, že je rozdíl ve vnímání DRC napříč věkovými skupinami. Lidé starší 30 let preferovali obsah s větší kompresí dynamického rozsahu. Za toto mohlo vystavení hudebním nahrávkám s velkou DRC během Loudness Wars. Další výzkumy také nasvědčují tomu, že naše subjektivní vnímání kvality nahrávky je silně ovlivněno tím, jakou hudbu běžně posloucháme, a jejími kvalitami. (Ronan, Sazdov, Ward, 2014)

Existují čtyři hlavní faktory ovlivňující subjektivní vnímání DRC u posluchačů:

- Dlouhodobý poslech silně komprimovaných nahrávek
- Preference hudebních žánrů
- Vzdělání a trénink
- Výrazné kvality zvuku nahrávky

V experimentu, kdy byl zkoumán vliv různých reprodukčních formátů, bylo zjištěno, že čím dál více subjektů preferovalo zvuk MP3, což byl formát, ve kterém byly subjekty zvyklé hudbu stahovat z internetu a poslouchat ji. To by mělo dokazovat, že preference vychází ze vzorců uložených v dlouhodobé paměti. Žánrové preference se pojí také s DRC. U mnoha žánrů je hyperkomprese brána jako estetický prvek. Týká se to například žánrů jako grunge, heavy metal, glitch atp., u kterých jsou digitální aliasing a zkreslení považovány za součást estetiky. Co se týče vzdělání, to hraje ve vnímání DRC také důležitou roli. Pokud subjekt upozorníme na to, jaké kvality při poslechu vnímat, ovlivní to jeho hodnocení. Vnímání DRC je ovlivněno kromě věku také tím, jestli je subjekt posluchač, který se běžně na aspekty nahrávek vědomě při poslechu soustředí a toto trénuje, nebo kvality vnímá nevědomě. Posledním faktorem jsou výrazné zvukové kvality nahrávky týkající se komprese dynamického rozsahu. Tím je například změna poměrů v hlasitosti mezi jednotlivými nástroji nebo změna barvy nahrávky. Nicméně pro přesnější určení toho, jak DRC působí na subjektivní vnímání kvality nahrávek by byl potřeba další výzkum. (Ronan, Sazdov, Ward, 2014)

Nelze tedy jednoznačně říct, že dynamičtější nahrávky jsou obecně kvalitnější. Vždy se jedná o subjektivní preference posluchačů v kontextu žánru, poslechového prostředí a v neposlední řadě samotné hudby a její aranže. To naznačuje, že ani nelze jednoduše stanovit, jaký přesný dynamický rozsah je u nahrávek správný a jaký už je nevhodný. Je ale jasné, že kdybychom masterovali nahrávky akustického folku stejným způsobem jako např. dubstep, který je známý extrémní hlasitostí a nízkým DR, velmi pravděpodobně by takto finalizovaná nahrávka působila neesteticky, nevhodně.

3 DISTRIBUCE SKRZ STREAMOVACÍ PLATFORMY

Jak již bylo řečeno, vyexportováním finální verze masteru ve vysoké kvalitě cesta nahrávky k posluchači nekončí. Streamovací platformy jako Spotify, Apple Music, Tidal a další zpravidla provádějí s dodanými soubory dva hlavní procesy. Tím prvním je konverze souborů do ztrátového formátu z důvodu úspory dat a tím druhým normalizace hlasitosti. Oba procesy v následující kapitole popíšu a vysvětlím, co znamenají v praxi.

3.1 Konverze

Z důvodu úspory dat se soubory dodané k distribuci konvertují do ztrátových formátů. Problémem není jen ztráta obecné kvality nahrávky v důsledku snížení datového toku souborů nebo downsamplingu (snížení hodnoty vzorkovací frekvence diskrétního signálu), ale také změna určitých parametrů, jako je průměrná hlasitost nahrávky či hodnota špiček (viz. Obr. 8). Z tohoto důvodu je vhodné nechat při masteringu ve špičkách rezervu cca 1 dBTP, aby po konverzi hodnoty špiček nepřesáhly 0 dBFS a nezpůsobily tak zkreslení.

Je doporučeno masterovat tak, aby True Peak špičky signálu měly hodnotu -1 dBTP nebo nižší, což by mělo zamezit zkreslení při konverzi do ztrátových formátů. Pokud bude master hlasitější než -14 LUFS, je vhodné nechat rezervu dokonce -2 dBTP. (Spotify, 2022)

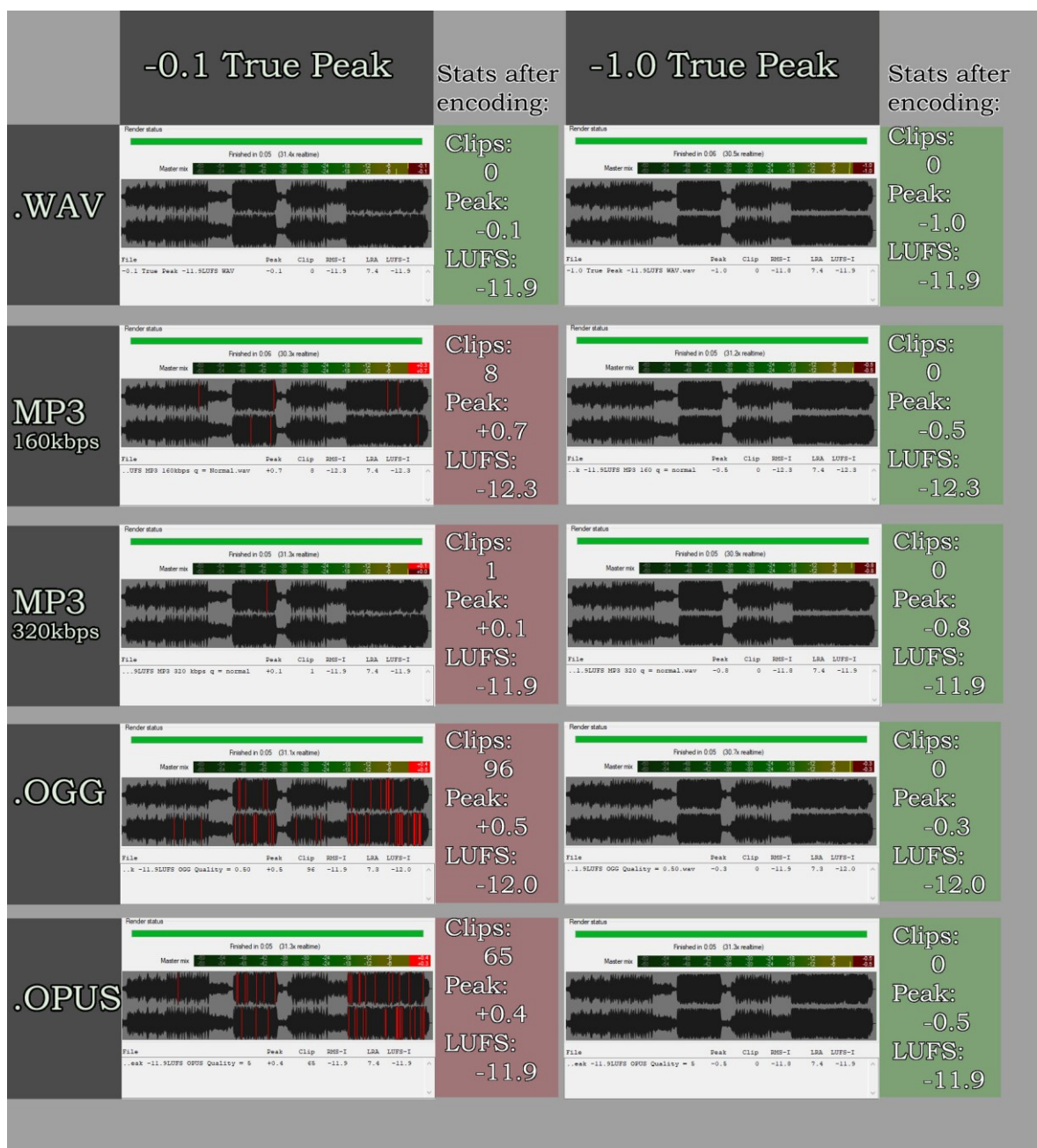
Spotify provádí konverzi do formátu Ogg Vorbis a AAC. Apple Music, stejně jako YouTube Music nebo Pandora, využívá formát AAC. (Maranan, 2021)

V současnosti existuje na platformě Apple Music možnost poslechu hudby v bezztrátovém kompresním kodeku ALAC (Apple Lossless Audio Codec), který nabízí kvalitu od 16 bitů / 44.1 kHz až do 24 bitů / 192 kHz. Tato možnost je dostupná všem předplatitelům služby za standardní cenu. Přenos hudby v bezztrátovém formátu ale není možný při bezdrátovém přenosu, jelikož ten využívá ztrátový kodek AAC, který by ale podle společnosti měl být srovnatelně kvalitní jako bezztrátový ALAC. (Apple, 2021)

Standardním formátem pro práci se zvukovými daty v profesionálním digitálním prostředí je nekomprimovaný WAV, což je taky formát, ve kterém je nahrávka nejčastěji dodávána streamovacím platformám.

Spotify doporučuje dodávat audio soubory ve formátu WAV nebo FLAC s doporučením využít formát FLAC. (Spotify, 2022)

Vedou se také debaty o tom, zda není lepší k distribuci dodávat soubory již po konverzi do daného ztrátového formátu. Kontrola nad souborem, který se tak dostane k posluchači, by byla ještě více v rukou masteringového inženýra a daná platforma by pak soubor pouze normalizovala na určenou hlasitost. Masteringový inženýr by měl přesný přehled např. o tom, kolikrát po konverzi signál překročil nulovou hodnotu a došlo tak ke zkreslení. Bylo by tak možné ještě snížit prahovou hodnotu limiteru na konci masteringového řetězce a zkreslení tak eliminovat.



Obrázek 8: Hodnoty LUFS a špiček po konverzi do ztrátových formátů

3.2 Normalizace

Normalizace hlasitosti je proces, při kterém jsou všechny nahrávky lineárně a staticky zesíleny nebo zeslabeny na stejnou určenou hodnotu hlasitosti. Díky tomu by měl být zaručen vyrovnaný poslech, při kterém nebude posluchač nucen při každé písničce měnit výstupní hlasitost na poslechovém zařízení. Proces normalizace není žádnou novinkou. Dříve se v televizním vysílání používala normalizace signálu na základě hodnoty špiček, jenže ta měla jednu velkou nevýhodu. Špičkové úrovně nemají pro vnímanou hlasitost velkou výpovědní hodnotu. Jako lidé totiž vnímáme hlasitosti průměrně v průběhu času a špičky se odehrávají ve velmi krátkých časových úsecích, zpravidla v řádu maximálně desítek milisekund. Když byl obsah normalizován na určenou hodnotu na základě špiček signálu, mnohdy zůstaly mezi jednotlivými záznamy velké rozdíly v průměrné hlasitosti. Obsah, který měl menší dynamický rozsah (DR) a menší rozdíl mezi špičkami a průměrnou hlasitostí (PLR), po normalizaci logicky hrál mnohem hlasitěji, než obsah s větším dynamickým rozsahem a větším rozdílem mezi špičkami a průměrnou hlasitostí. Z tohoto důvodu se začalo přemýšlet nad tím, jak efektivněji měřit hlasitost obsahu a bylo jasné, že je potřeba měření provádět a průměrovat v delším časovém úseku. Postupem času vznikla norma ITU-R BS.1770, která je používána dodnes.

Všechny služby jako Spotify, Apple Music, Tidal, Pandora nebo YouTube využívají normalizaci hlasitosti. Teoreticky by to mělo znamenat, že posluchač by neměl mít potřebu měnit hlasitost u různého obsahu při kontinuálním poslechu, jelikož veškerý obsah bude přehrávaný při stejné (normalizované) hlasitosti. Pro příklad toho, jak proces funguje, můžeme použít data Spotify, které je ohledně celého procesu transparentní.

Spotify normalizuje veškerou hudbu na hlasitost -14 LUFS. Pokud se přehrává album, je normalizace uplatněna na album jako celek, aby se zachovala relativní změna hlasitosti mezi písněmi na albu. Pokud se ale přehrávají jednotlivé písně, např. v případě playlistů, jsou normalizovány jednotlivé písně nezávisle na sobě. (Spotify, 2022)

V praxi to znamená, že nahrávka s průměrnou hlasitostí -9 LUFS bude pro přehrání na Spotify ztlumena o 5 dB na výsledných -14 LUFS.

Tiché nahrávky jsou zesíleny pouze natolik, aby po normalizaci měly špičky o hodnotě -1 dBTP. Například nahrávka o průměrné hlasitosti -20 LUFS a špičkách s hodnotou -5 dB bude zesílena pouze o 4 dB, tedy na -16 LUFS. (Spotify, 2022)

Limitování dynamiky je v případě Spotify použito pouze v případě, že uživatel s prémiovým předplatným v nastavení zvolí možnost normalizace na vysokou hlasitost. Práh tohoto limiteru je nastaven na -1 dB, attack má hodnotu 5 ms a release 100 ms. (Spotify, 2022)

To je změna k lepšímu oproti minulosti, kdy byl používán limiter, který všechnen obsah dostal na požadovanou hodnotu neohledně na to, že pro skladbu mohl být větší dynamický rozsah přínosný. Navíc nikdo neznal přesné parametry tohoto procesoru, který mohl nehezky zasáhnout do špiček signálu a nahrávku zásadním způsobem změnit.

Hodnoty, které platformy používají jako referenční pro výslednou hlasitost, vychází z jiného dokumentu, a tím je AES TD1008 z roku 2021, který nahradil dřívější doporučení TD1004.

Průměrná hlasitost obsahu by měla činit u normalizace jednotlivých skladeb -16 LUFS a alba by se měla normalizovat tak, že nejhlasitější skladba bude normalizována na -14 LUFS a zbytek alba relativně k této nejhlasitější skladbě. Je totiž typické, že nejhlasitější skladby bývají o 2 LU hlasitější než zbytek alba, který by tím pádem byl normalizován na zhruba -16 LUFS. (AES, 2021)

3.2.1 ITU-R BS.1770-4

Metoda měření ITU 1770 se stala standardem v měření programové (průměrné) hlasitosti obsahu. Měření pomocí této metody probíhá v televizním vysílání, na straně streamovacích platforem a dalo by se také říct, že obecně nahradilo dříve používanou metodu měření RMS (kvadratický průměr). Jelikož se jedná o zcela zásadní a revoluční metodu měření hlasitosti, v této podkapitole ji detailněji vysvětlím.

Jak bylo řečeno dříve, lidé vnímají hlasitost v kontextu času. Krátkodobé výkyvy v hlasitosti signálu nejsou pro subjektivní vnímání průměrné hlasitosti příliš důležité. Bylo proto potřeba přijít se způsobem měření, který tento fakt zohlední a přinese výsledky podobnější subjektivnímu lidskému vnímání hlasitosti. Zatím nejefektivnějším způsobem je právě metoda ITU 1770, která hlasitost průměruje po určitých časových blocích.

Algoritmus provádí měření ve čtyřech krocích. Nejprve signál filtruje pomocí K-váhování. Poté algoritmus vypočítá kvadratický průměr (RMS) každého z kanálů. Následně algoritmus provede vážený součet všech kanálů, přičemž každý z kanálů má jinou váhu a v případě vícekanálové nahrávky se LFE kanál do součtu nezahrnuje. A nakonec dvě hradla (dynamický procesor, který propouští signál pouze po překročení prahové úrovně), první

s prahem -70 LKFS a druhé s prahem -10 dB relativně k hodnotě naměřené po prvním hradle. (ITU, 2017)

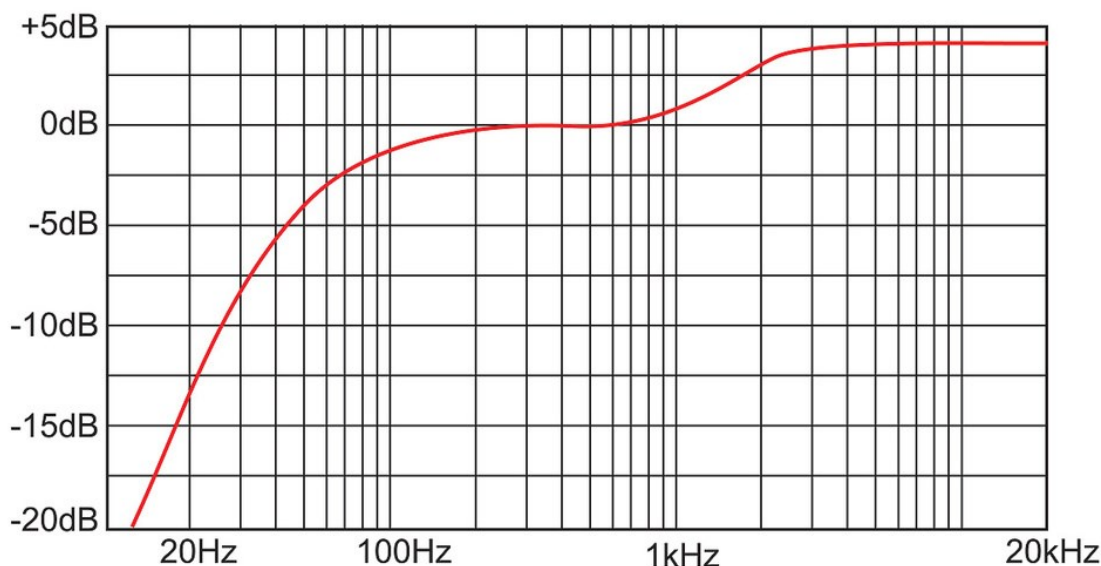
Aktuální verze měření využívá hradlovou metodu, která byla poprvé zavedena v dokumentu Evropské vysílací unie EBU R 128. Díky této části algoritmu jsou z měření vyňaty části nahrávky, které se dostanou -10 LU pod průměrnou hodnotu. V důsledku tohoto obsah s delšími pasážemi ticha nebude změřen s příliš nízkou hodnotou, která by zapříčinila, že po normalizaci bude tento obsah velmi hlasitý.

Metoda měření hlasitosti, specifikovaná v dokumentu ITU-R BS.1770-4, používá tzv. „K-Weighting“, což je filtr, který by měl kompenzovat nelinearitu lidského slyšení a tím pádem by mělo být dosaženo přesnějšího měření.

Tento filtr se sestává ze dvou samostatných filtrů. Prvním je „shelving filter“, který má střed kolem 1500 Hz a zdvih o 4 dB od cca 3000 Hz a výše. Druhý filtr je horní propust, která efektivně postupně filtruje frekvence pod 200 Hz. (ITU, 2017)

Díky tomuto filtrování algoritmus bere při měření v potaz frekvenční obsah nahrávky a měl by tak dosáhnout měření, které je podobnější lidskému vnímání hlasitosti.

K-Weighting Filter Response



Obrázek 9: Křivka K-váhování

3.2.2 Jaká je situace nyní

Když se podíváme na průměrnou hlasitost nejposlouchanější hudby, zjistíme, že se hodnoty zdaleka nepohybují v mezích doporučení.

Z analýzy pěti nejposlouchanější playlistů na Spotify vyplývá, že průměrná hlasitost více jak 40 % písní v těchto playlistech se pohybuje zhruba mezi -10 a -8 LUFS. Průměrná hlasitost všech playlistů je pak -9,5 LUFS. (Tamer, 2021)

Je tedy patrné, že nejposlouchanější skladby nenesou dynamické kvality doporučované experty na tuto problematiku, a i přesto se jedná o nejpřehrávanější nahrávky. Vystává pak otázka, proč se masteringoví inženýři často nedrží doporučení ze strany AES.

Patrně nejdůležitějším důvodem je to, že skladby nejsou distribuovány výhradně skrze streamovací služby, ale jsou přehrávány také v prostředí bez normalizace hlasitosti. Jedná se zejména o rádio, obsah stažený z internetu, nebo fyzické nosiče. Realita je taková, že rádia na své straně provádí dodatečný processing, aby držely konzistentní hlasitost signálu. V praxi to často znamená, že hudba je prohnána kompresory, limitery, excitery nebo multi-band processingem s extrémním nastavením, který zcela změní dynamické a tonální kvality nahrávky. Pokud je nahrávka dostatečně hlasitá sama o sobě, tento processing do její dynamiky zasáhne zásadně méně než do nahrávky s relativně větším dynamickým rozsahem. Spotify donedávna také limitovalo tiché nahrávky, aby po normalizaci dosáhly požadovaných -14 LUFS. Naštěstí toto se nedávno změnilo a tiché nahrávky jsou zesíleny pouze natolik, aby špičky nepřesáhly -1 dBTP, pokud ovšem uživatel s prémiovým předplatným manuálně v nastavení nezvolí možnost hlasitého přehrávání (viz. 3.2 Normalizace).

Řešením tohoto problému je často více verzí masteru pro různé druhy distribuce. Skladby mohou být finalizovány s větším DR pro stream a pro distribuci na CD může být vytvořen hlasitější master s ořezanější dynamikou. Jak je ale patrné z dostupných dat, k distribuci na stream jsou často dodávány mastery překračující veškerá doporučení k DR i průměrné hlasitosti. Z toho vyplývá, že častějším řešením je vytvoření jednoho hlasitého masteru, který bude částečně fungovat všude. Nevýhodou je, že po normalizaci bude takovýto master pravděpodobně kvůli nízkému DR a PLR znít dynamicky ploše a nebude příliš příjemné takovouto hudbu poslouchat delší dobu. Nedynamická nahrávka může také pocitově zapadnout mezi dynamičtější, živější nahrávky.

Jirásek (2021) v článku o normách hlasitosti tvrdí: „*Poslouchat dynamicky neplastickou kompozici je únavné a je ověřeno, že takto vytavená dynamika způsobuje u posluchače fyzickou únavu, bolesti hlavy a nechť dále dílo poslouchat. A může dokonce dojít k poškození sluchu.*“

Pravděpodobně vhodným řešením, které je už i diskutováno, je zavedení normalizace v rádiovém vysílání, které bude mít hodnoty alespoň blízké doporučení. Kdyby se toto podařilo, nezbylo by již mnoho důvodů k tomu vytvářet velmi hlasité, nedynamické mastery. V televizním vysílání se jedná o běžnou praxi. Členské státy Evropské vysílací unie (EBU) musí dodržovat hladinu danou normou EBU R128. Jedná se o hodnotu -23 LUFS. EBU R128 k měření používá způsob specifikovaný v ITU BS1770 a doplňuje ho o hradlovou metodu, která byla doplněna do pozdější verze ITU BS1770. Kdyby se podařilo zavést stejné podmínky pro rádiové vysílání, v podstatě už by neexistoval důvod k excesivnímu limitování špiček signálu a ničení nahrávek kompresí dynamického rozsahu v případech, kdy se nejedná o esteticky hodnotné kvality.

3.2.3 Jaká může být budoucnost

Poslední dobou se mluví o novém způsobu normalizace hlasitosti, která by do obsahu zasahovala dynamicky na základě reprodukčního řetězce, dynamických a hlasitostních vlastností nahrávky, typu obsahu a prostředí, ve kterém by byl obsah přehráván. Do metadat zvukového souboru by byly zaneseny hodnoty hlasitosti a dynamických vlastností podle EBU R128. Pro zavedení této metody by ale bylo potřeba, aby touto funkcí disponovaly koncové reprodukční zařízení, které by na základě metadat nahrávky upravily výstupní parametry reprodukce vhodně daným podmínkám. Tento typ normalizace najde uplatnění ale spíše u audiovizuálního obsahu. K tomuto tématu zatím neexistuje mnoho dostupných zdrojů a celý princip je zatím diskutován. Více informací k problematice se nachází v dokumentu AES41.

Jestli tato metoda normalizace bude přijata streamovacími platformami je možné, ale zatím neexistují žádné jasné informace, že by se toto mělo v blízké budoucnosti stát.

4 PODMÍNKY PRO MASTERING V ROCE 2022

Spotify nás nabádá, abychom se co nejvíce drželi jejich doporučení, tedy abychom masterovali na průměrnou hlasitost -14 LUFS a True Peak špičky drželi pod -1 dBFS. Problém je, že masterovat podle těchto čísel není vždy vhodné. Pro jeden žánr, například hard rock nebo moderní pop, mohou tato čísla představovat příliš velký dynamický rozsah, který by nedovolil nahrávku dostatečně dynamicky stlačit a docílit tak vyšší průměrné hlasitosti, což bývá typicky u tvrdších žánrů žádoucí. Na druhou stranu spousta jazzových nahrávek nebo nahrávek symfonické hudby dosahuje nižší průměrné hlasitosti, než je -14 LUFS, aby byl zachován větší dynamický rozsah, který například u vážné hudby zaručuje to, že hlasité a tiché pasáže vytváří silný kontrast a hudba má pak na posluchače silný emoční dopad. Dalším faktem je to, že spousta komerčně úspěšných nahrávek zjevně tato doporučení nedodržuje. Některé nahrávky, které jsou obecně považovány za standard kvalitního zvuku, tyto požadavky mnohdy ani nemohly brát v potaz, jelikož vznikly dávno před tím, než problematika normalizace a doporučených hodnot hlasitosti existovala. Příkladem bych uvedl alba *The Dark Side of the Moon* od skupiny Pink Floyd nebo *Brothers in Arms* od Dire Straits.

Mezi doporučené alba pro audiofily patří také např. *Hail to the Thief* od Radiohead nebo *Songs for the Deaf* od Queens of the Stone Age, dvě alba, která vznikla na začátku 21. století. (Murphy, 2020)

Otázkou tedy je, jestli bychom vůbec měli normalizaci věnovat pozornost a pokud ano, tak do jaké míry. Každá skladba vyžaduje jinou dynamiku a hlasitost, které nemůžou být diktovány exaktními čísly.

Neexistuje jednoznačný návod, jak přistupovat k masteringu. Mastering je kreativní řemeslo založené na estetickém cítění lidí, kteří ho provozují a nedá se dělat jediným správným způsobem. I přes možné existující podobnosti ve zpracování zvuku konkrétního alba deseti různými masteringovými inženýry se budou jednotlivé mastery od sebe lišit a nebude možné objektivně jeden z nich vybrat jako „správný“.

Každá skladba vyžaduje specifický přístup, přesto, že bychom našli exaktně měřitelné podobnosti mezi skladbami podobných žánrů a aranží. Při masteringu popového alba můžeme naši nahrávku srovnávat s popovými nahrávkami, jejichž zvuk je obecně považován za jakousi sonickou šablonu pro daný žánr.

Pokud se budeme držet doporučení konkrétní streamovací služby, budeme mít jistotu, že nahrávka se k posluchači dostane v takové hlasitosti, v jaké jsme ji dodali, ovšem pouze na této konkrétní platformě. Pokud dodáme nahrávku s vyšší hodnotou programové hlasitosti, než na kterou platforma normalizuje, přijdeme o část dynamického rozsahu, který jsme mohli využít. Pokud dodáme nahrávku, která bude tišší, v lepším případě se připravíme o pár dB hlasitosti, v horším případě bude nahrávka zpracována dodatečnou limitací, aby se programová hlasitost dostala na požadovanou hodnotu. Nicméně i nahrávka s nižší programovou hlasitostí, než na kterou je prováděna normalizace, může po normalizaci vyznít hlasitěji než nahrávka s výrazně vyšší programovou hlasitostí, která bude znít kvůli silné kompresi dynamiky po normalizaci ploše.

Situace je o to složitější, že ne všechny platformy používají měření vycházející z ITU 1770 a nenormalizují na stejné hodnoty. Alespoň ale máme informaci, na jaké hodnoty platformy obsah normalizují a můžeme tak použít při masteringu měřák podle standardu ITU 1770, abychom získali docela přesnou představu o tom, kde se hlasitost nahrávky měřitelně nachází nehledě na pozdější způsob normalizace.

Apple používá vlastní metodu normalizace, která se nazývá SoundCheck. Spotify ještě nedávno používalo ReplayGain. Amazon, Tidal, Spotify a YouTube nyní používají BS 1770. (Stewart, 2021)

Spotify normalizuje hudbu na -14 LUFS. (Spotify, 2022)

Na -14 LUFS také normalizují YouTube, Amazon a Tidal. Deezer normalizuje na -15 LUFS a Apple Music dokonce zhruba na -16 LUFS, což je také hodnota, kterou doporučuje AES v dokumentu TD 1008. (Tilgner, 2021)

V březnu 2022 Apple Music přešlo jako poslední velká platforma na standard LUFS. Zároveň je na všech nových zařízeních v předvolbách zapnuta normalizace na -16 LUFS. (Shepherd, 2022)

Situace je velmi dynamická a pravidla normalizace se relativně často mění. Přesto lze pozorovat pozitivní trend v přístupu platforem k tomuto tématu.

Nacházíme se nyní v přechodném období, které ještě nějakou chvíli potrvá. Pokud chceme, aby vznikaly nahrávky s větší dynamikou, bude pravděpodobně nevyhnutelné zavedení normalizace v rádiovém vysílání. Nejvýhodnějším řešením pro všechny strany by bylo zavedení jedné hodnoty, která by platila pro veškerý obsah sdílený přes internet. O toto se snaží AES se svým doporučením TD 1008. Nekonzistentnost požadavků pro doručování

masterů pro různé způsoby distribuce je hlavní překážkou v cestě k většímu počtu více dynamických masterů.

4.1 Jak k masteringu přistupovat dnes

Přesto, že neexistuje jednoduchá formule, jak správně hudební nahrávky finalizovat a celý postup záleží na obrovském množství okolností, můžeme si z informací výše vzít ponaučení pro naši vlastní praxi. Rozhodně bychom měli vzít v potaz všechna specifika nahrávky, jako jsou žánr, způsob distribuce nebo již dříve vydané nahrávky daného umělce, které mohou mít estetiku, která je pro umělce specifická. Pokud budeme vycházet z prostředí, ve kterém se momentálně hudební průmysl nachází, měli bychom předně brát v potaz následující skutečnosti.

4.1.1 Hodnota špiček

Z důvodu konverze nahrávek do ztrátových by hodnoty špiček ideálně neměly přesáhnout hodnotu -1 dBTP. Důvodem je nárůst reálné hodnoty špiček po konverzi masterů do ztrátových formátů. Tyto nárůsty jsou zpravidla v řadu desetin dB, takže rezerva -1 dBTP by měla stačit. Některé zdroje ale doporučují zůstat dokonce pod hranicí -2 dBTP, pokud se jedná o mastery s vyšší programovou hlasitostí.

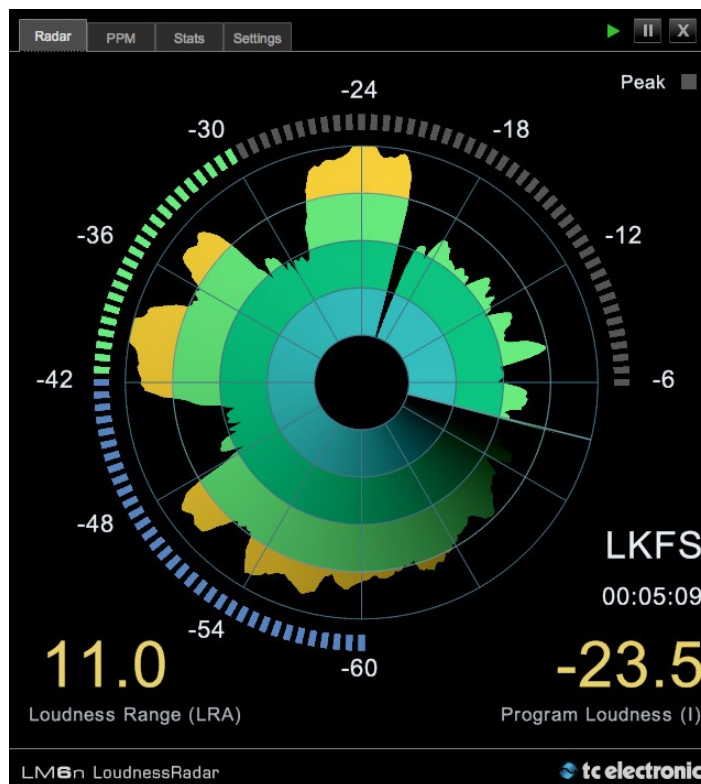
Přesto velké množství komerčně úspěšných nahrávek tyto hodnoty nemá a hodnoty špiček byly limitovány k absolutní digitální nule.

4.1.2 Programová hlasitost

AES v dokumentu TD 1008 jednoznačně doporučuje normalizovat obsah na -16 LUFS. To ale neznamená, že bychom měli každý jeden master cílit na tuto konkrétní hlasitost, což ani AES netvrdí. Měli bychom ale tuto hodnotu jednoznačně brát při masteringu v potaz. Toto číslo je výsledkem zkoumání např. hlasitosti, kterou jsou schopná reprodukovat přenosná zařízení.

Výsledná programová hlasitost nahrávky se ale může pohybovat v relativně velkém rozmezí. Pro každou nahrávku je vhodný jiný dynamický rozsah a dobrý masteringový inženýr musí mít pro tyto věci cit. Je na něm, jak velký dynamický rozsah v masteru ponechá. Obecně je ale vhodné zdržet se zbytečného ořezávání špiček signálu, v důsledku čehož by transientní složka nahrávky byla zničena a takto zmastertovaná nahrávka po normalizaci zněla oproti dynamičtějším nahrávkám ploše a staticky.

Mnoho nahrávek podobných žánrů se pohybuje v rozmezí několika málo LU. Když tato čísla vezmeme při masteringu v potaz a budeme masterovat na podobné hodnoty LUFS jako známe nahrávky podobných žánrů, pravděpodobně docílíme výsledku, který bude pro posluchače očekávanější.



Obrázek 10: Měřák hlasitosti od firmy TC Electronic podle standardu ITU BS.1770

4.1.3 Frekvenční vyrovnanost

Až na specifické případy je známkou kvalitního masteru také frekvenční vyváženost napříč celým spektrem. Všechny frekvence by měly být zastoupeny se stejnou nebo alespoň podobnou intenzitou. Výsledkem je master, kterému nechybí ani nepřebývají ve spektru žádné oblasti a nám se pak nezdá příliš temný, nebo naopak tenký, pokud by výrazně chybělo zastoupení nižších frekvencí. Samozřejmě záleží, jak je nahrávka smíchána, jelikož ve fázi masteringu nedokážeme řešit maskování jednotlivých nástrojů v určitých částech frekvenčního spektra, pokud neprovádíme stem mastering, kde lze tento problém alespoň částečně dodatečně eliminovat.

Pro správnou frekvenční vyrovnanost je esenciální kvalitní zvukový monitoring a poslech při rozumné hlasitosti. Roli hraje nelinearita lidského slyšení. Když budeme masterovat při vysoké hlasitosti, bude se nahrávka zdát vyrovnaná. Až se snížením poslechové hlasitosti můžeme zjistit, že nahrávce chybí např. množství spodních frekvencí.

Je důležité také zmínit, že algoritmus měření ITU 1770 bere v potaz díky prefiltraci vysoké frekvence více než zbytek spektra. Je proto vhodné této oblasti věnovat zvláštní zřetel. Pokud bychom v nahrávce nechali příliš velké množství vysokých frekvencí, algoritmus by je změřil, my bychom získali vyšší programovou hlasitost, která by ve výsledku znamenala větší penalizaci při normalizaci. Toto se hlavně týká souborů s vysokou vzorkovací frekvencí. Soubory s běžnou vzorkovací frekvencí 44.1 nebo 48 kHz pravděpodobně tímto příliš trpět nebudou. Jelikož ale při distribuci přes streamovací platformy dochází nejprve ke konverzi do ztrátových formátů a až poté k měření hlasitosti, neměl by toto vlastně být při tomto způsobu distribuce problém.

4.1.4 Srovnávání s referenčními nahrávkami

Jediný skutečně účinný způsob, jak mít jistotu, že master obstojí v konkurenci, je přímé srovnání. Tento postup nám umožní slyšet, jestli se nám podařilo dosáhnout kompetitivní hlasitosti, jak měřitelné, tak subjektivní. Jednoduše můžeme porovnat kvality naší nahrávky s konkurencí.

Pro kontrolu hlasitosti masteru po normalizaci a obecně srovnávání je dnes na trhu několik nástrojů. Pro příklad bych uvedl nástroj Loudness Penalty od firmy MeterPlugs, který soubor analyzuje a nabídne jeho poslech po normalizaci na hodnoty jednotlivých streamovacích služeb.

Dalším skvělým nástrojem je plug-in Streamliner od firmy ADPTR AUDIO. Tento softwarový doplněk nabízí celou řadu funkcí pro monitoring nahrávky včetně sekce pro přímé srovnání s referenčními nahrávkami. Plug-in disponuje i funkcí převodu signálu do ztrátových kodeků používaných platformami v reálném čase. Nabízí se tak možnost poslechnout si, co s nahrávkou provede konverze a normalizace na straně streamovacích služeb už ve fázi masteringu stále v prostředí DAW.



Obrázek 11: Plug-in Streamliner

ZÁVĚR

Neexistuje jeden správný přístup k tomu, jak masterovat hudební nahrávky. Mastering je umělecké řemeslo a konkrétní postupy se vždy odvíjí od specifík dané nahrávky a estetického cítění masteringového inženýra. Podmínky pro mastering jsou momentálně kvůli rozmanitosti způsobů distribuce složité. Průměrná hlasitost vydávaných nahrávek je obecně výrazně vyšší, než doporučení ze strany AES nebo programová hlasitost, na kterou jsou nahrávky při přehrávání na streamovacích službách normalizovány. Pravděpodobnými důvody, proč jsou nahrávky finalizovány s vyšší hlasitostí, je různorodost prostředí, ve kterých se nahrávka po distribuci objeví. Rádía při vysílání zvukový signál dále upravují pomocí radikálního processingu, který do dynamičtějších nahrávek zasáhne silněji než do nahrávek s menším DR. Streamovací platformy nenormalizují na jednotnou hodnotu programové hlasitosti. Přesto, že je drtivá většina hudby přehrávána přes streamovací služby, fyzické nosiče jsou stále ještě médium, které má svůj význam a pravděpodobně ho v blízké budoucnosti neztratí. Dalším důvodem může být také to, že z hlasitých, méně dynamických nahrávek se stala jakási estetika dnešní hudby a zvuková šablona, kterou se hudební producenti snaží napodobit. Pokud by se kvality vydávaných nahrávek měly obrátit opačným směrem, tedy k využití většího DR a menší limitace špiček signálu, pravděpodobně by bylo potřeba vytvořit jednu normu, která by byla společná veškeré internetové distribuci tak, jak stojí v doporučení TD1008 od AES. Dobrou zprávou ale je, že se o tomto tématu diskutuje a čím dál více lidí si začíná problematiku dynamiky nahrávek uvědomovat a přemýšlet nad ní. Nahrávky už dnes nejsou zdaleka tak extrémně limitovány jako na konci Loudness Wars. V budoucnu můžeme pravděpodobně očekávat více nahrávek využívajících možností většího dynamického rozsahu. Při masteringu by měla být brána v potaz všechna specifika nahrávky, jak ta hudební, estetická, tak technická, týkající se distribuce hotové nahrávky. Pokud budou při masteringu zohledněny všechny tyto okolnosti, bude pravděpodobně výsledkem kvalitní a funkční.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

AESTD1008.1.21-9: Recommendations for Loudness of Internet Audio Streaming and On-Demand Distribution [online]. Audio Engineering Society, Inc. 132 East 43rd Street, Suite 406 New York NY 10017 USA: AES, 2021 [cit. 2022-01-15]. Dostupné z:

<https://www.aes.org/technical/documentDownloads.cfm?docID=731>

Audio file formats for Spotify. *Spotify* [online]. Spotify USA Inc. , 4 World Trade Center, 150 Greenwich Street, 62nd Floor, New York, NY 10007 , USA: Spotify, 2022 [cit. 2022-01-11]. Dostupné z: <https://artists.spotify.com/help/article/audio-file-formats>

Equal-loudness contour. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2021 [cit. 2022-01-15]. Dostupné z:

https://en.wikipedia.org/wiki/Equal-loudness_contour

JIRÁSEK, Ondřej. Dodržujete normy hlasitosti EBU R128?: Konec bojů o nejvyšší hlasitost!. *DISK* [online]. Budova Sokolovny Sokolská 13 680 01 Boskovice: DISK Multimedia, 2021, 20. října 2021 [cit. 2022-01-24]. Dostupné z:

<https://magazin.disk.cz/cs/dodrzuje-normy-hlasitosti-ebu-r128>

Loudness normalization. *Spotify* [online]. Spotify USA Inc. , 4 World Trade Center, 150 Greenwich Street, 62nd Floor, New York, NY 10007 , USA: Spotify, 2022 [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://artists.spotify.com/help/article/loudness-normalization>

Loudness war. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2021 [cit. 2022-01-11]. Dostupné z:

https://cs.wikipedia.org/wiki/Loudness_war

MARANAN, Harley. Apple Music vs Spotify: The battle between the two music streaming giants. *Soundguys* [online]. 2021, 17. 11. 2021 [cit. 2022-01-11]. Dostupné z:

<https://www.soundguys.com/apple-music-vs-spotify-36833/>

Mastering - Then and Now: Why we have mastering and how we got here from there. *Auldworks* [online]. New York City: Robert Auld, 2011, Březen 2011 [cit. 2022-01-04]. Dostupné z:

<http://www.auldworks.com/articles/mastering.htm>

MURPHY, Andrew. 50 of the best hi-fi albums for audiophiles. *What Hi-Fi?* [online]. Future Publishing Limited, 2020, May 31, 2020 [cit. 2022-01-15]. Dostupné z:

<https://www.whathifi.com/features/50-albums-audiophiles>

O bezztrátovém kódování zvuku v Apple Music. APPLE INC. *Podpora Apple* [online]. 28. října 2021 [cit. 2022-03-29]. Dostupné z: <https://support.apple.com/cs-cz/HT212183>

Recommendation ITU-R BS.1770-4: Algorithms to measure audio programme loudness and true-peak audio level [online]. 4. Ženeva: ITU, 2017 [cit. 2022-01-15]. Dostupné z:

https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bs/R-REC-BS.1770-4-201510-I!!PDF-E.pdf

ROBJOHNS, Hugh. The End Of The Loudness War?: The New Normal. *Sound On Sound* [online]. UK: Sound On Sound Ltd Allia Business Centre King's Hedges Road Cambridge CB4 2HY United Kingdom, 2014 [cit. 2022-01-11]. Dostupné z: <https://www.soundonsound.com/techniques/end-loudness-war>

RONAN, Malachy, Robert SAZDOV a Nicholas WARD. *Factors Influencing Listener Preference for Dynamic Range Compression* [online]. October 8, 2014 [cit. 2022-02-03]. Dostupné z: <https://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=17499>

SHEPHERD, Ian. Apple Switches to LUFS, Enables Sound Check by Default. *MeterPlugs* [online]. Mar 23, 2022 [cit. 2022-03-29]. Dostupné z: <https://www.meterplugs.com/blog/2022/03/23/apple-switch-to-lufs.html?fbclid=IwAR2eVSfAxLJdk1YKaaYQ37PDTN5ksSXWMWG1B4bFMjLfcouht hZBe7CL7no>

STEWART, Ian. Mastering for Streaming Platforms: Normalization, LUFS, and Loudness Myths Demystified. *iZotope* [online]. iZotope, 2021, May 20, 2021 [cit. 2022-01-24]. Dostupné z: <https://www.izotope.com/en/learn/mastering-for-streaming-platforms.html>

TAMER, Yahya Burak. Spectral and Dynamic Analyses of Popular Music Playlists: The Concept of Presence Optimization for Digital Music Streaming Playback. *Journal of the Audio Engineering Society* [online]. 2021, **69**(5), 309-322 [cit. 2022-01-15]. ISSN 15494950. Dostupné z: doi:10.17743/jaes.2021.0006

TILGNER, Ruben. Mastering for Spotify, YouTube, Tidal, Amazon Music, Apple Music and other Streaming Services. *Elysia* [online]. Am Panneschopp 18 41334 Nettetal, Germany, 2021, 4. March 2021 [cit. 2022-01-24]. Dostupné z: <https://www.elysia.com/mastering-for-spotify-youtube-tidal-amazon-music-apple-music-and-other-streaming-services/>

VICKERS, Earl. *The Loudness War: Background, Speculation and Recommendations* [online]. November 4, 2010 [cit. 2022-02-03]. Dostupné z: <https://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=15598>

What is mastering. *iZotope* [online]. iZotope [cit. 2022-01-11]. Dostupné z: <https://www.izotope.com/en/learn/what-is-mastering.html>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AAC	Advanced Audio Coding
AES	Audio Engineering Society
CD	Compact Disc
DAW	Digital Audio Workstation
dB	Decibel
dBTP	Decibel True Peak
DR	Dynamic Range
DRC	Dynamic Range Compression
FLAC	Free Lossless Audio Codec
ITU	International Telecommunication Union
kHz	Kilohertz
LU	Loudness Unit
LUFS	Loudness Units Full Scale
PLR	Peak to Loudness Ratio
RIAA	Recording Industry Association of America
WAV	Waveform Audio File Format

SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obrázek 1: Záznam zvuku na voskový váleček..... 12
Dostupné z: https://www.nfsa.gov.au/sites/default/files/styles/img768x0/public/09-2016/keith_potger_wax_cylinder_closeup.jpg?itok=qvl3YPf0
- Obrázek 2: Soustruh pro řezání záznamu do vinylových desek 12
Dostupné z: <https://blog.discogs.com/wp-content/uploads/2020/12/american-vinyl-co-lathe-machine.jpg>
- Obrázek 3: Masteringové studio Boba Katze 14
Dostupné z: https://www.digido.com/wp-content/uploads/2017/04/StudioA_Dynaudios-9054-Small.jpg
- Obrázek 4: Srovnání dynamických rozsahů známých nahrávek v průběhu Loudness Wars 15
Dostupné z: https://farm8.staticflickr.com/7209/6960369151_f449d37678_b.jpg
- Obrázek 5: Obraty z prodeje hudby nahrané v USA v letech 1973-2020 podle RIAA..... 16
Dostupné z: https://public.tableau.com/static/images/U/_/U_S_RecordedMusicRevenuesbyFormat_0/RevenuesbyFormat/1_rss.png
- Obrázek 6: Masteringový kompresor Shadow Hills..... 17
Dostupné z: https://files.pluginalliance.com/products/shadow_hills_mastering_compressor/images/carousel/Shadow-Hills-Mastering-Compressor-Default-Toolbar.jpg
- Obrázek 7: Křivka stejné hlasitosti podle Fletchera a Munsona 20
Dostupné z: <https://williamssoundstudio.com/mixing/images/read-fletcher-munson-contours.png>
- Obrázek 8: Hodnoty LUFS a špiček po konverzi do ztrátových formátů 24
Dostupné z: https://scontent-prg1-1.xx.fbcdn.net/v/t39.30808-6/270612831_10158781334711447_6871687019787404679_n.jpg?nc_cat=106&ccb=1-5&nc_sid=825194&nc_ohc=oGIZyXqKsEAX8X69gr&nc_ht=scontent-prg1-1.xx&oh=00_AT_LU2kkBPozduqGpt0aFW51EakzZzydQoJ_C63q3-e3bQ&oe=61F9F432
- Obrázek 9: Křivka K-váhování..... 27
Dostupné z: https://dt7v1i9vyp3mf.cloudfront.net/styles/news_large/s3/imagelibrary/L/Loudness-08-wd0WumWwlegN1BDxlf0UPfEMIPMF0CL..jpg

Obrázek 10: Měřák hlasitosti od firmy TC Electronic podle standardu ITU BS.177033

Dostupné z:

https://mediadl.musictribe.com/media/sys_master/images/hbb/h48/8827568062494.png

Obrázek 11: Plug-in Streamliner35

Dostupné z: <https://cdn.rekkerd.org/wp-content/uploads/2020/10/ADPTR-Audio-Streamliner.png>