

"Głośność" w kontekście nagrań audio i video

Techniki Rejestracji Sygnałów | Katedra Systemów Multimedialnych | WETI PG | 2024

1

Jak oceniać sygnał audio?

TP (ang. *True Peak*) - najwyższy punkt w sygnale audio w systemie analogowym. W systemach cyfrowych obrazuje to samo dla toru cyfrowego - 0dB powoduje clipping

dBTP (ang. *True Peak Level ref to full scale*) - poziom sygnału audio biorący pod uwagę piki między próbkowaniem - mierzone w dB i odniesione do pełnej skali (maksymalny poziom doprecyzowany przez R 128 to -1dBTP).

RMS (ang. *Root Mean Square*) level - średnia poziomu amplitudy sygnału w pewnym przedziale czasu (typowo 300 ms)



EBU
OPERATING EUROVISION AND EURORADIO



Techniki Rejestracji Sygnałów | Katedra Systemów Multimedialnych | WETI PG | 2024

2

Jak oceniać sygnał audio?

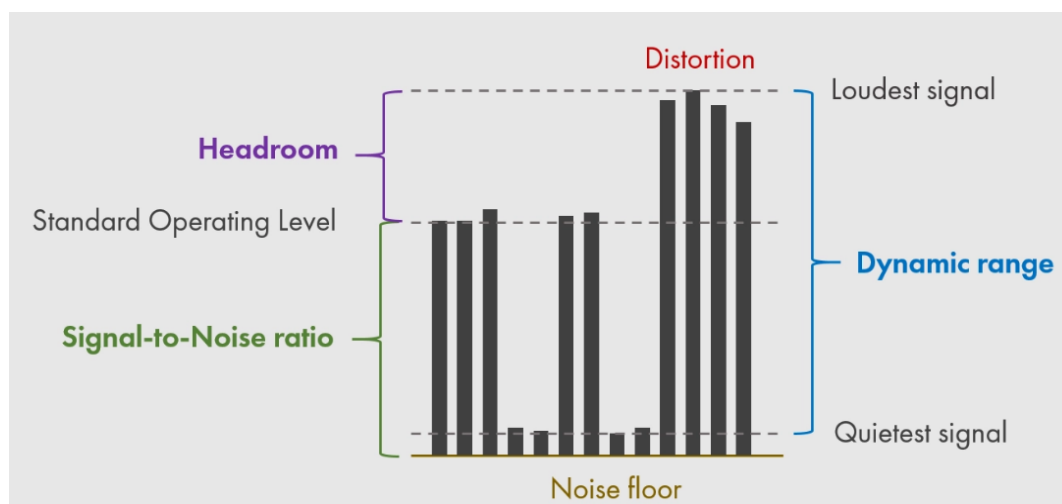
Zakres: dynamiki i głośności - obszar między najcichszymi i najgłośniejszymi dźwiękami.

DR (ang. Dynamic range) - używa *peek metering* (szybki pomiar),

LRA (ang. Loudness range) - używa LUFSów (wolny pomiar).

Zakres dynamiki - jest oceną kompresji poszczególnych grup (wokale, perkusja)

Zakres głośności - ocenia głośność poszczególnych partii utworu (zwrotka, refren etc).



Album list

(548 albums total)

DR scale

00 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14

Search result

Artist	Album	Year	DR	min DR	max DR	Codec	Source
Pink Floyd	Animals (Original Mon. (Blue-ray))	2018	14	12	15	Lossless	CD
Pink Floyd	Dark Side Of The Moon	1985	11	10	12	Lossless	CD
Pink Floyd	Animals (2018 Remise)	2022	13	13	13	Lossless	Vinyl
Pink Floyd	Animals (2018 Remise)	2022	12	11	13	Lossless	CD
Pink Floyd	Animals	2021	14	12	14	Lossless	Download
Pink Floyd	The Wall	2021	13	10	17	Lossless	Download
Pink Floyd	Wish You Were Here	2021	12	11	12	Lossless	Download

Dynamic range comparison between different music genres and speech across frequency. The dynamics are calculated as the difference between the 99th and 30th percentiles according to the IEC 60118-15 standard. SPL ¼ sound pressure level.

<https://dr.loudness-war.info/?artist=pink+floyd&album=>
<https://www.aspen-media.com/wp-content/uploads/2017/02/EBU-Tech-3342-Loudness-Range.pdf>
<https://unison.audio/dynamic-range-audio/>

Techniki Rejestracji Sygnałów | Katedra Systemów Multimedialnych | WETI PG | 2024

5

Jak dynamika zmieniała się przez lata?

min RMS	-50.51 dB	min RMS	-56.14 dB	min RMS	-81.79 dB	min RMS	-101.28 dB
max RMS	-12.51 dB	max RMS	-9.96 dB	max RMS	-4.97 dB	max RMS	-2.64 dB
avg RMS	-19.67 dB	avg RMS	-16.46 dB	avg RMS	-10.31 dB	avg RMS	-7.01 dB
total RMS	-18.99 dB	total RMS	-15.99 dB	total RMS	-9.91 dB	total RMS	-6.81 dB

Bon Jovi - "Livin' on a Prayer"	Nirvana - "Come as you are"	Crossfade - "Cold"	Metallica - "Death Magnetic"
1986	1992	2004	2008

Techniki Rejestracji Sygnałów | Katedra Systemów Multimedialnych | WETI PG | 2024

6

Na płytach CD (16-bit PCM, co daje 94dB zakresu dynamiki) nie przewidziano metadanych pozwalających na kontrolę odtwarzanej głośności. Dodatkowo, standardem było peak-normalization.

Ogólnie ujmując – trend zmniejszania dynamiki (wynikać to mogło również ze stanu technologicznego domowych rozwiązań audio jak i rosnącej popularności mniejszych wytwórni.) Im lepszy sprzęt i warunki nagraniowe tym większy zakres dynamiki możemy osiągnąć jednak to co później zrobimy z nagraniem ma na to większy wpływ (szum pomieszczenia, ok 30-40 dB, typowy SPL mikrofonów 100 do nawet 120 SPL).

<https://www.audiorecording.me/loudness-war-examples-trend-of-music-from-the-80s-until-present.html/2>

<https://dr.loudness-war.info/album/list/artist?artist=Fish>

Jak modyfikować do w praktyce?

◆ Zmiana DR w procesie nagrywania i miksowania

- Automatyzacja głośności
- Limiter
- [Kompresja](#) – parametryczna, pasmowa
- De-esser
- [Sidechain compression](#) – kompresja ścieżki względem innej

Typowe zakresy DR w zależności od przeznaczenia

Typ	Reklamy (* mastering)	Muzyka klasyczna	Jazz	Muzyka elektroniczna	Pop	Hip-Hop, country
DR	7-9	20-30	7-15	3-6	8-10	12-15

Loudness war

- ◆ Era cyfrowa - nie tyle nośnik dźwięku, co kodek i format;
- ◆ Słuchamy utworów - nie płyt;
- ◆ Brak jednolitych wymagań co do poziomów;
- ◆ Im głośniej tym lepiej?

Wolters, Mundt, Riedmiller, Katz, Lund...

Loudness War

Techniki Rejestracji Sygnałów | Katedra Systemów Multimedialnych | WETI PG | 2024

9

Pierwszy raz terminu Loudness War użyto w 1979 roku w kontekście nadużywania kompresorów i limiterów w rozgłośniach radiowych.

Termin Loudness War powstał początkowo jako odpowiedź na trendy w masteringu materiałów CD dążących to być percypowanych jako najgłośniejsze - tym samym, zgniatające konkurencje.

- ◆ <https://www.antarestech.com/community/a-beginners-guide-to-dynamic-range-in-audio-production>
- ◆ <https://www.soundgym.co/blog/item?id=dynamic-range-in-audio>
- ◆ <https://hub.yamaha.com/audio/music/what-is-dynamic-range-and-why-does-it-matter/>
- ◆ <https://www.production-expert.com/production-expert-1/understanding-loudness-part-6-using-loudness-meters>
- ◆ https://dynamicrangeday.co.uk/?fbclid=IwAR0Km51D_Z7Mwf_awU2Q3xrpJDkJX8V10OE8lbLrVGg_xqS9Llw-V5Lnnluw

Techniki Rejestracji Sygnałów | Katedra Systemów Multimedialnych | WETI PG | 2024

10

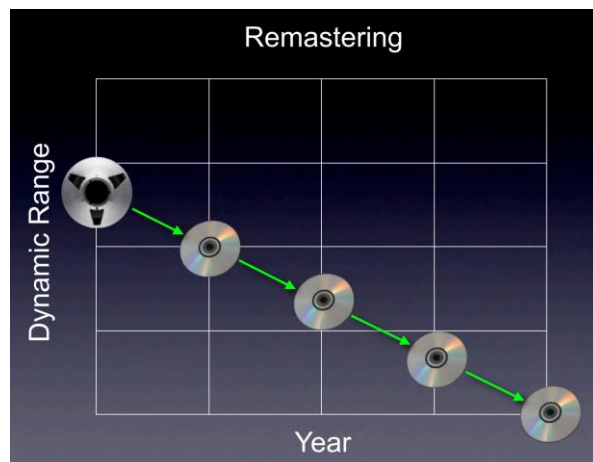
Remastered?

Zremasterowane wersje starszych nagrań charakteryzują się niestety zmniejszeniem dynamiki...

Chris Isaak - Wicked Game:

1989 -> DR = 13 dB

2006 -> DR = 7 dB



http://www.sfxmachine.com/docs/loudnesswar/loudness_war_slides_800x600.pdf

Techniki Rejestracji Sygnałów | Katedra Systemów Multimedialnych | WETI PG | 2024

11

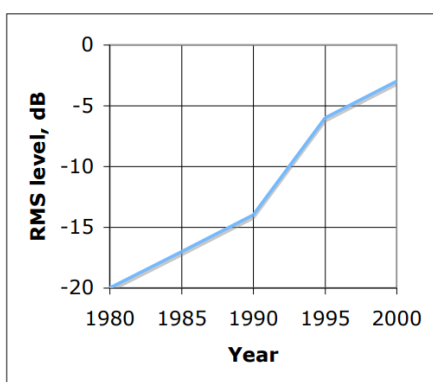


Figure 2. Average RMS levels of 'hottest' pop music CDs, 1980-2000, (data from Katz, [1]).

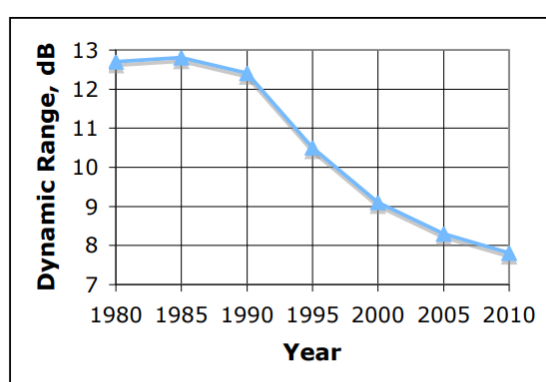
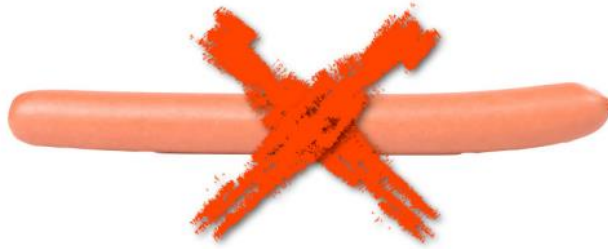


Figure 3. Average "dynamic range" of albums listed on "The Unofficial Dynamic Range Database" [21], 1980-2010, measured with the TT Dynamic Range Meter [5].

Techniki Rejestracji Sygnałów | Katedra Systemów Multimedialnych | WETI PG | 2024

12

Don't produce loudness sausage!



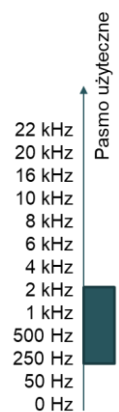
Techniki Rejestracji Sygnałów | Katedra Systemów Multimedialnych | WETI PG | 2024

13

Loudness War

Początkowo - ujednoczenie materiałów na CD - aktualnie
głównie streaming.

*"we're making popular music recordings that have no
more dynamic range than a 1909 Edison Cylinder!"*



Techniki Rejestracji Sygnałów | Katedra Systemów Multimedialnych | WETI PG | 2024

14

Analizując historię muzyki rozrywkowej na przestrzeni dekad, można uznać, że pojęcie głębi, tekstury i szerokiej dynamiki utworu było spychane na dalszy plan. Zwracano uwagę, że poziom dynamiki materiału zaczyna porównywać się do materiałów nagrywanych w erze akustycznej (1877-1925). Gdzie pasmo użyteczne sygnałów mieściło się między 250-2,5 kHz i bez elektroakustycznego wzmacniania poszczególnych partii pozwalało głównie na głośne instrumenty, jednak i tak wtedy potrafiono nagrywać z dynamiką 20 dB.

W erze określanej mianem magnetycznej (1945 -1976, pierwszy mikrofon to 1925 r) nagrania muzyki rozrywkowej nagrywano w pomieszczeniach pogłosowych, efekt ten pozwala na zwiększenie głośności instrumentów, jak i "gęstości", przez co średni RMS sygnału wzrastał. Dla instrumentów basowych stosowano efekt iluzji psychoakustycznej: missing fundamental, virtual pitch. Zabiegi takie były również podyktowane ograniczeniami sprzętowymi - słabe radia.

Warto pamiętać, że proces masteringu na winyla jest bardziej wymagający niż w innych nagraniach, igła zachowuje się trochę inaczej, już wtedy więc przygotowywano inne masteringi pod radio i na winyla.

O tym, że materiały z płyt CD brzmią nieznośnie głośno w rozgłośniach radiowych pisano również na początku XXI wieku, winne temu były typowe łańcuchy przetwarzania radiowego. W efekcie często dźwięk był coś brutalnie wzmocniony, nie zwiększało to może głośności, co powodowało raczej zniekształcenia sygnału.



**Don't be distracted by the
Loudness Deception**

Loudness - telewizja

- ◆ mniejsza “wojna” niż przypadku rozgłośni radiowych,
- ◆ problematyczne były jedynie reklamy (Loudness normalization and permitted maximum level of audio signals [EBU R128](#))
- ◆ istniały inne głośności między stacjami TV (zmiana kanału równała się zmianie głośności)

Stacje telewizyjne miały mniejszy problem z klasycznym ściganiem się o głośność. Wynikało to też tego, że telewizje częściej emitowały swoje programy gdzie panowała pewna spójność materiałów - brak wyraźnych różnic w głośności - nie zauważa się efektu wpływania na preferencje widzów. Problematiczne były jedynie reklamy produkowane częściej przez inne studia, dodatkowo mocno wierzące w moc “głośnego” przekazu. Odpowiedzą na to stały się wytyczne EBU (pierwszy dokument z 2010 roku). Dokument skupiający się na ograniczeniach dot głośności krótkich materiałów reklamowych: <https://tech.ebu.ch/docs/r/r128s1.pdf>

Loudness - kina

- ◆ trailery do filmów - maksymalizacja głośności,
- ◆ lata 70 - głośniki kalibrowane do 85 dBc (pink noise)
 - ◆ sposób ten był krytykowany i zgłaszany jako za głośny
- ◆ dźwięk w kinach został ograniczony wytycznymi Dolby (1997 r.)

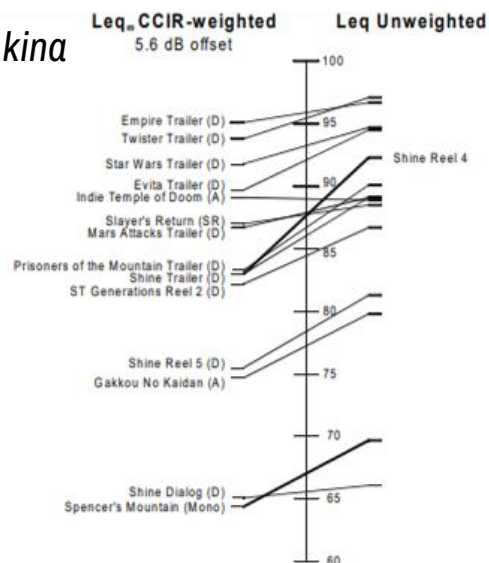
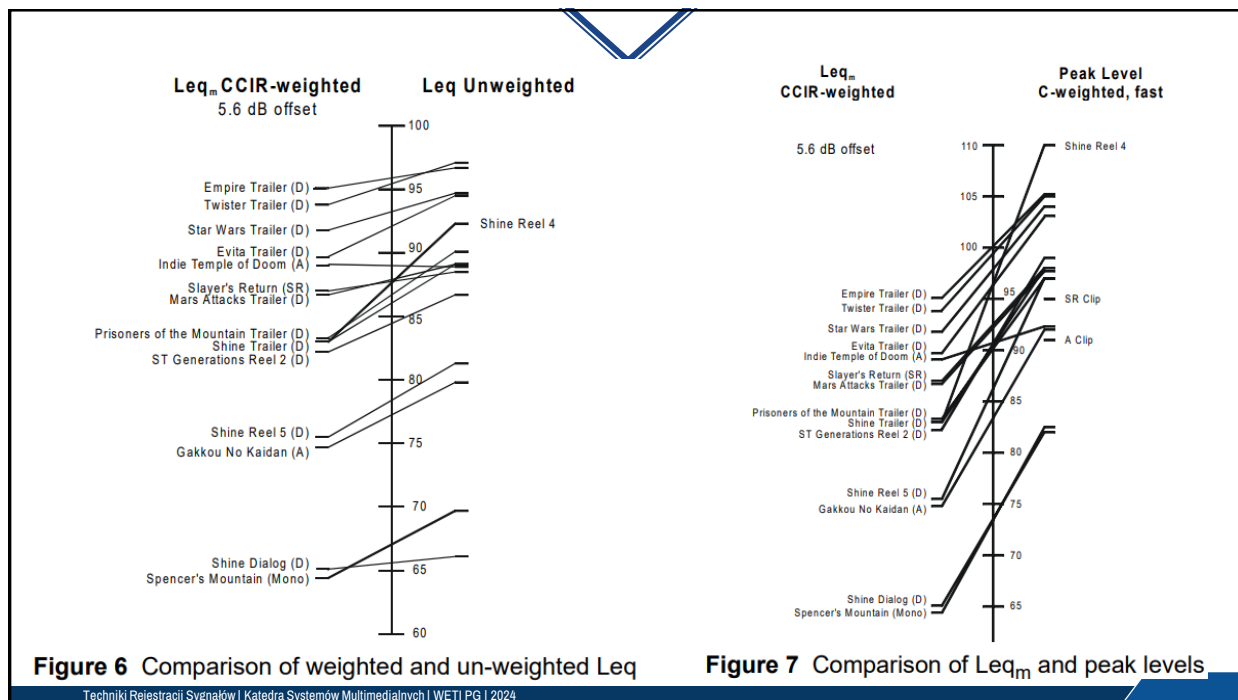


Figure 6 Comparison of weighted and un-weighted Leq

W latach 70s ubiegłego wieku wprowadzono pewne standardy, mające na celu poprawę jakości odtwarzanego dźwięku w kinach. Usprawniało to przede wszystkim prace inżynierów dźwięku pracujących nad materiałem, a widzom, docelowo miało zapewnić **jednakowe** odczucia niezależnie od wybranej sali kinowej. W praktyce metoda kalibracji głośników przez Dolby Laboratory była odbierana przez widzów jako "za głośna". Głośniki w salach kalibrowane były do 85 dBc za pomocą szumu różowego. Takie ustawienie, rozumiane jako ogólnie poziom nr 7 bywało więc redukowane do 5 dla poprawy komfortu widzów (skutkowało to obniżeniem poziomu dźwięku o 6dB).

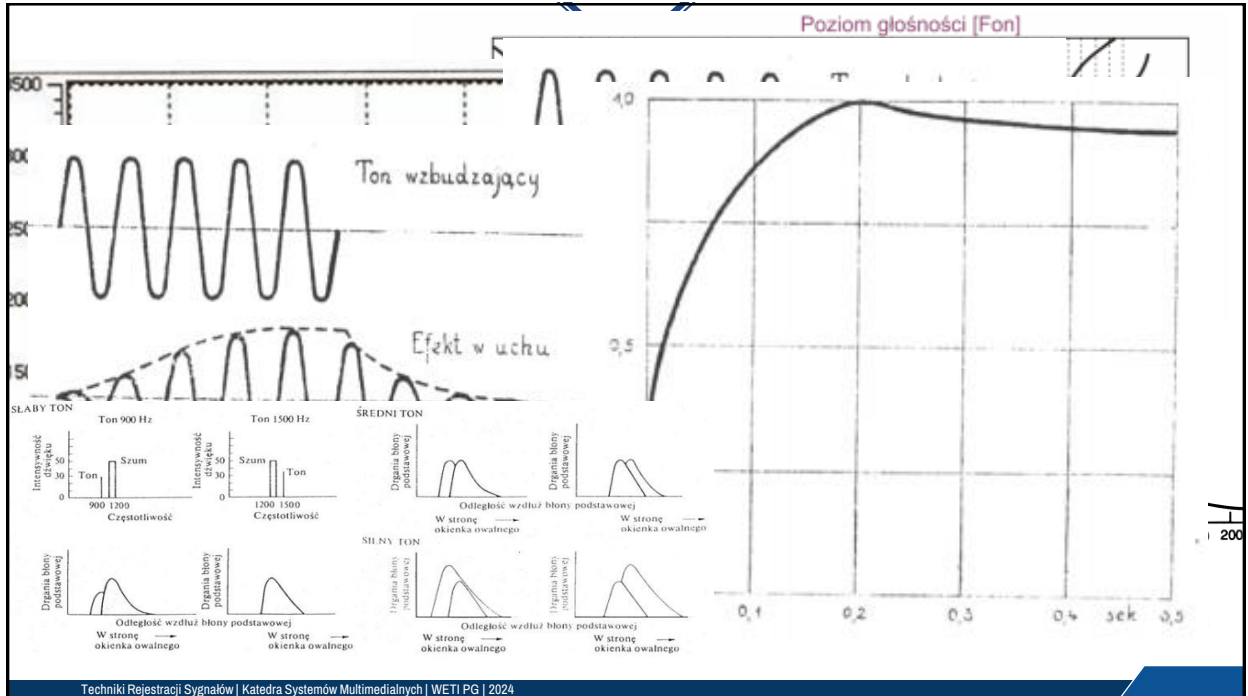


21

Typowo, w obliczaniu poziomów dla filmu korzysta się krzywej ważonej A, Inne podejście to CCIR (Ważona krzywa dla niskopoziomowych nagrań o średnim poziomie szumu stosowana przy ocenie uciążliwości). Pierwsze ustawienia głośności sprawiały, że nawet inżynierowie pracujący przy filmie musieli korzystać z ochronników słuchu ze względu na wysokie ryzyko utraty słuchu (pomiar L_{aeq})

Allen, Ioan. "Are movies too loud?." *SMPTE journal* 107.1 (1998): 30-44.
<https://www.associationdesmixeurs.fr/wp-content/uploads/2015/12/tooloudp.pdf>

22



23

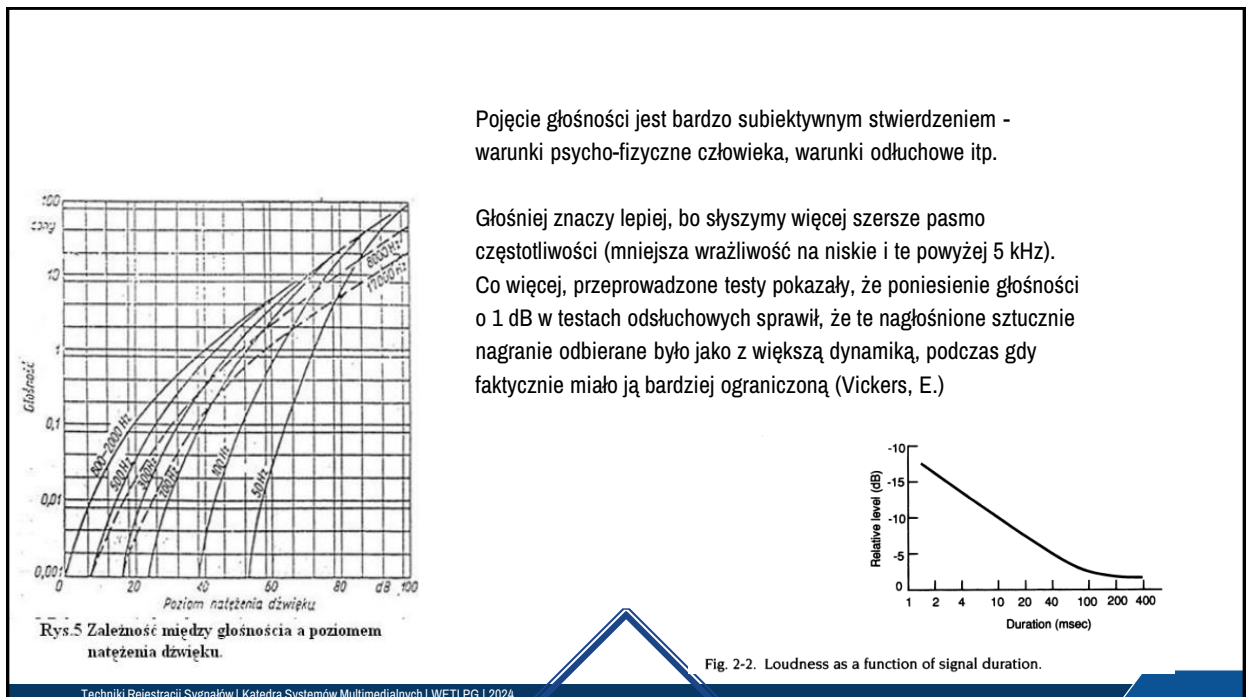
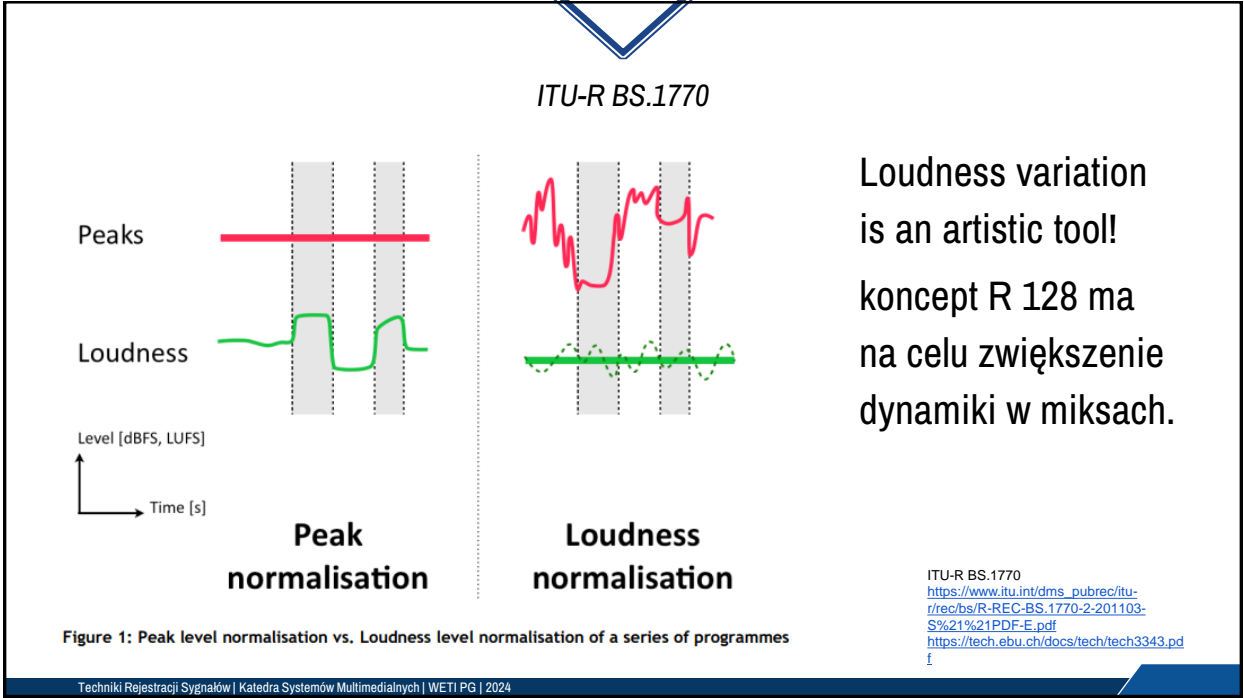
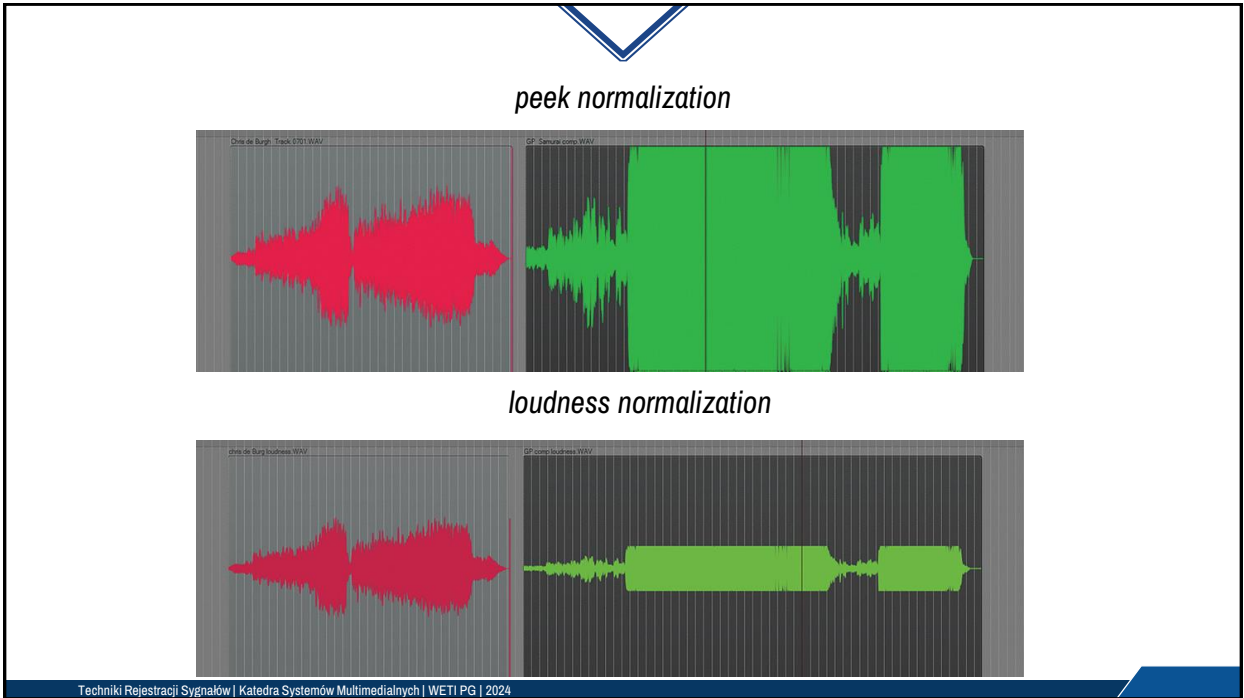


Fig. 2-2. Loudness as a function of signal duration.

24



25



26

2010? LKFS - głośność ważona krzywca K w odniesieniu do pełnej skali

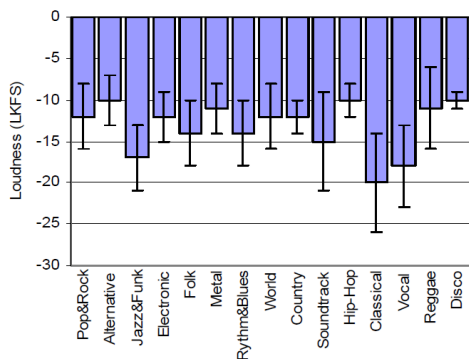


Figure 5 - Mean Loudness (ITU-R BS.1770) and Standard Deviation for different Music Genres.

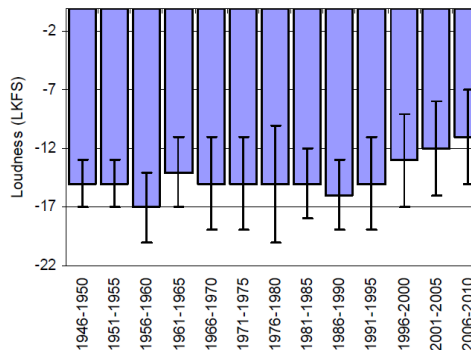


Figure 7 - Mean Loudness (ITU-R BS.1770) and Standard Deviation vs. Year.

Martin Wolters, Harald Mundt, and Jeffrey Riedmiller, Loudness Normalization In The Age Of Portable Media Players. 2010

LKFS to parametrystandaryzowany przez ITU-R BS.1770 w 2011 roku. Stosowany do pomiaru i normalizacji głośności w materiałach audio dla broadcastu, video i systemów streamingowych.

Techniki Rejestracji Sygnałów | Katedra Systemów Multimedialnych | WETI PG | 2024

27

Co jest nie tak z Peak Level Normalization?

Potrzeba jednolitego, uniwersalnego sposobu kontroli głośności.

Komitety:
ATSC, EBU, ITU.

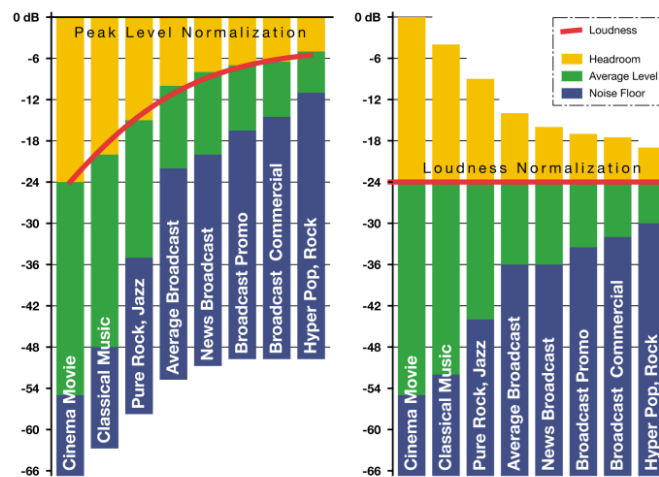


Fig 1. Pro audio is moving away from peak level normalization (left) towards standards based on loudness (right), thereby removing the main cause for systematic level differences between broadcast programs and commercials.

Literatura:
Lund T., 2011: <https://toneprints.com/media/1017421/lundt013011.pdf>
ITU-R BS.1770 https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bs/R-REC-BS.1770-2-201103-S%21%21PDF-E.pdf

Techniki Rejestracji Sygnałów | Katedra Systemów Multimedialnych | WETI PG | 2024

28

Loudness - kina domowe?

- ◆ trudniejsza kontrola niż w przypadku sal kinowych
 - ◆ wiele producentów sprzętu,
 - ◆ brak kalibracji,
 - ◆ różne media.
- ◆ *time-varying-metadata* - kontrola gain w zależności od warunków odsłuchowych (AC-3, AAC)

Mode	Reference Loudness (LKFS)	Application
Line	-31 LKFS	Home Theatre Playback – Provides Full "cinema" Dynamic Range
RF	-20 LKFS	TV Speaker Playback – Provides Typical "broadcast" Dynamic Range
Portable	-11 LKFS	Portable Device Speaker & Headphone Playback – Provides Minimum Dynamic Range (similar to music production/mixing/mastering techniques)

Techniki Rejestracji Sygnałów | Katedra Systemów Multimedialnych | WETI PG | 2024

29

Rozwiązania kin domowych narażają sporo problemów związanych z kontrolą odpowiednich poziomów. Chodzi tu zarówno o różnorodność producentów, formatów zapisu/nośników, jak i pomieszczeń odtwarzanych czy też brak poprawnej kalibracji. Lekką pomocą stały się możliwości metadanych - *time-varying-metadata* które pozwalają na pewną kontrolę wzmocnienia sygnału w urządzeniach końcowych w zależności od panujących warunków odsłuchowych.

Więcej o AC-3(Dolby Digital), E-AC-3 (Dolby Digital Plus): <https://www.atsc.org/wp-content/uploads/2015/03/A52-201212-17.pdf>, https://en.wikipedia.org/wiki/Dolby_Digital_Plus

Dynamic Range Control; dynrng, dynrng2

przykładowo:

dialogi -25 dB

efekty 0dB

tło -75dB

W czasie gdy poziom dźwięku jest wyższy niż poziom dialogów parametr dynrng ma ujemne ujemny gain (redukcja), dla sygnałów 0dB - kodowana jest redukcja -15dB. Dla fragmentów bardzo cichych następuje wzmocnienie o 20dB

Techniki Rejestracji Sygnałów | Katedra Systemów Multimedialnych | WETI PG | 2024

30

Dynamic Range Compression AC-3

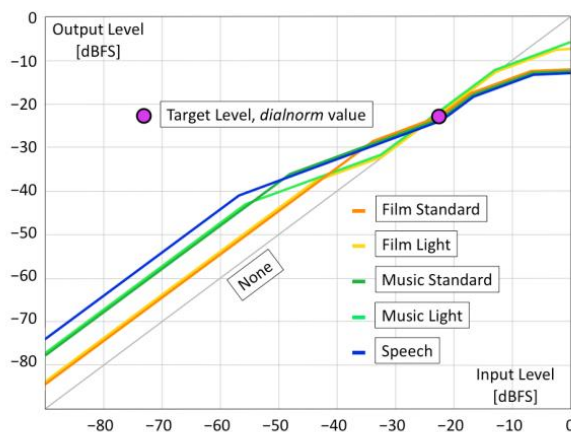


Figure 11: Dynamic Range Compression curves of the Dolby AC-3 system

Czym są LUFSy?

LUFS - jednostka głośności nagrania audio,

- typowo stosowane w serwisach streamingowych, filmach czy TV;

*loudness units **relative** to full scale*

Ustandaryzowanie poziomów głośności w LUFS powinny niwelować konieczność zmiany głośności między następującymi po sobie utworami.

- ◆ Pomiar audio wykonywany jest z uwzględnieniem percepcji człowieka.
 - ◆ Fletcher Munson curves,
 - ◆ Większa czułość w środkowym paśmie niż dla niskiego.
- ◆ Miara odczucia głośności przez człowieka, nie tyle co reprezentacji cyfrowej.

Dwa pliki audio z jednakowym poziomem LUFS powinny dać te same WRAŻENIE głośności.

Jak oceniać sygnał audio?

LUFS (ang. *Loudness Units Full Scale*) - to RMS uwzględniający percepcję dźwięku przez człowieka (również względem 0dB) (EBU R 128).

LKFS, L_K (ang. *Loudness, K-weighted, relative to full scale*) - ustandaryzowany pomiar głośności stosowany przy normalizacji audio dla telewizji, video i serwisów streamingowych oficjalnie ustandaryzowany w 2011 roku (ITU-R BS.1770).

Wartość zalecana
to -23 LUFS.

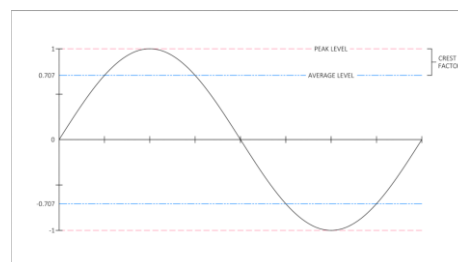
-23 to uśredniona wartość, dopuszcza się odchylenie o 0,5 LU dla sygnałów mowy, i 1 LU dla muzyki przy czym obowiązuje dalej -1dBTP.

Jak oceniać sygnał audio?

LU (ang. *Loudness Unit*) pomierzona głośność relatywna. 1 LU odpowiada 1 dB na skali cyfrowej, stosowane również przy porównywaniu poziomów między próbkami.

LUFS	LU
-23	0
-26	-3

Crest factor (Peak-to-average ratio) - różnica w dB między peak level a średnim poziomem sygnału



0dB oznacza najgłośniejszy punkt przed przesterem (clipping), Zakres dynamiki omawiamy bardziej w ocenie różnic między amplitudami w waveformie, a nie typowy digital peek.

Techniki Rejestracji Sygnałów | Katedra Systemów Multimedialnych | WETI PG | 2024

35

LU - I - *integrated* (mierzone dla dłuższego fragmentu, a typowo dla całego utworu)

LU - S - *short-term*, krótkookresowe (zazwyczaj 3 sekundy)

LM - *Momentary* - chwilowe (400ms)

Wytyczne do opracowania własnych mierników? [TECH](#)

[3341](#)

Techniki Rejestracji Sygnałów | Katedra Systemów Multimedialnych | WETI PG | 2024

36

Jak mierzymy loudness?

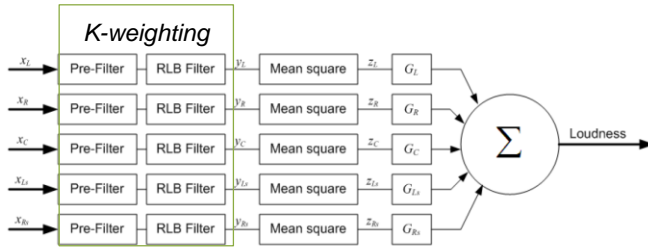


Figure 1 - ITU-R Loudness

$$\text{ITU Loudness} = -0.691 + 10 \log_{10} \sum_i^N G_i \cdot z_i, \text{ in dB}$$

https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bs/R-REC-BS.1770-0-200607-S!!PDF-E.pdf

Pre-filter - filtr górno przepustowy uwzględniający akustyczny wpływ głowy człowieka na dźwięk. Zaś filtr RLB - Revised-low-frequency to zmodyfikowana krzywa ważona IEC-B
Wartości te zostały dobrane w sposób eksperymentalny na podstawie przeprowadzanych testów odsłuchowych.

FIGURE 2
Response of the pre-filter used to account for the acoustic effects of the head

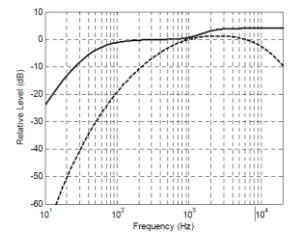
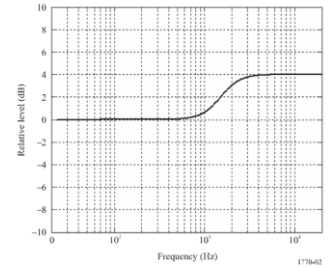


Figure 2 - ITU-R BS.1770 Frequency Weighting (solid) vs. A-weighting (dashed)

Techniki Rejestracji Sygnałów | Katedra Systemów Multimedialnych | WETI PG | 2024

37

https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bs/R-REC-BS.1770-0-200607-S!!PDF-E.pdf

Pre-filter - filtr górno przepustowy uwzględniający akustyczny wpływ głowy człowieka na dźwięk. Zaś filtr RLB (ała Leq) - Revised-low-frequency to zmodyfikowana krzywa ważona IEC-B
Wartości te zostały dobrane w sposób eksperymentalny na podstawie przeprowadzanych testów odsłuchowych.

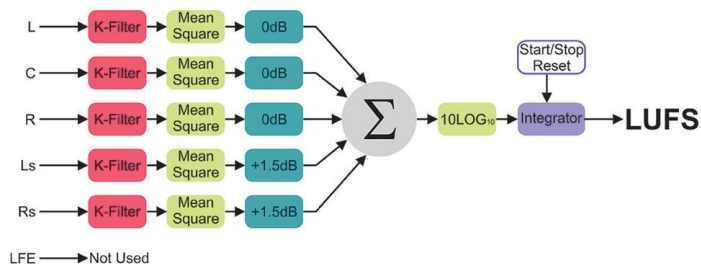
Krzywa K = ITU-R BS.1770

Techniki Rejestracji Sygnałów | Katedra Systemów Multimedialnych | WETI PG | 2024

38

Dźwięk wielokanałowy

Loudness Meter Structure with 5.1 inputs

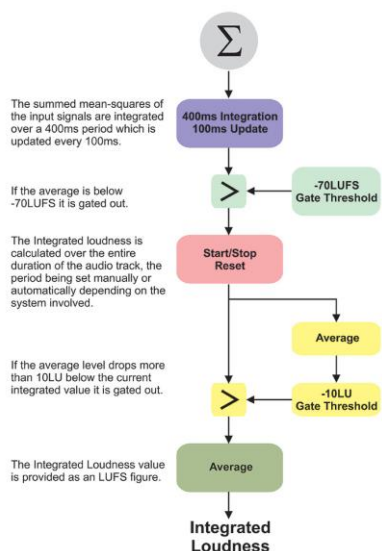


W pomiarze głośności materiałów wielokanałowych nie uwzględniamy LFE, a kanały surround mają dodatkowe wzmocnienie

Techniki Rejestracji Sygnałów | Katedra Systemów Multimedialnych | WETI PG | 2024

39

Jak mierzymy loudness?



Pre-filter - filtr górno przepustowy uwzględniający akustyczny wpływ głowy człowieka na dźwięk. Zaś filtr **RLB** - Revised-low-frequency to zmodyfikowana krzywa ważona IEC-B

Techniki Rejestracji Sygnałów | Katedra Systemów Multimedialnych | WETI PG | 2024

40

Aktualne wymagania:

Spotify: -14 LUFS

Apple Music: -16 LUFS

Amazon Music: -9 to -13 LUFS

Youtube: -13 to -15 LUFS

Deezer: -14 to -16 LUFS

CD: -9 LUFS

Soundcloud: -8 to -13 LUFS

(przy czym warto nie dobić pod kreskę, a zachować trochę zapasu by nie ryzykować utraty dynamiki)

Lund, 2011:

Production Guidelines:

Regular speech: -26 to -23 LUFS

Regular music: -24 to -21 LUFS

True-peak level: Max -1 dBFS

Delivery Specs:

Program Loudness: -23 LUFS +/- 1 LU Max

Loudness (short programs): < -20 LUFS

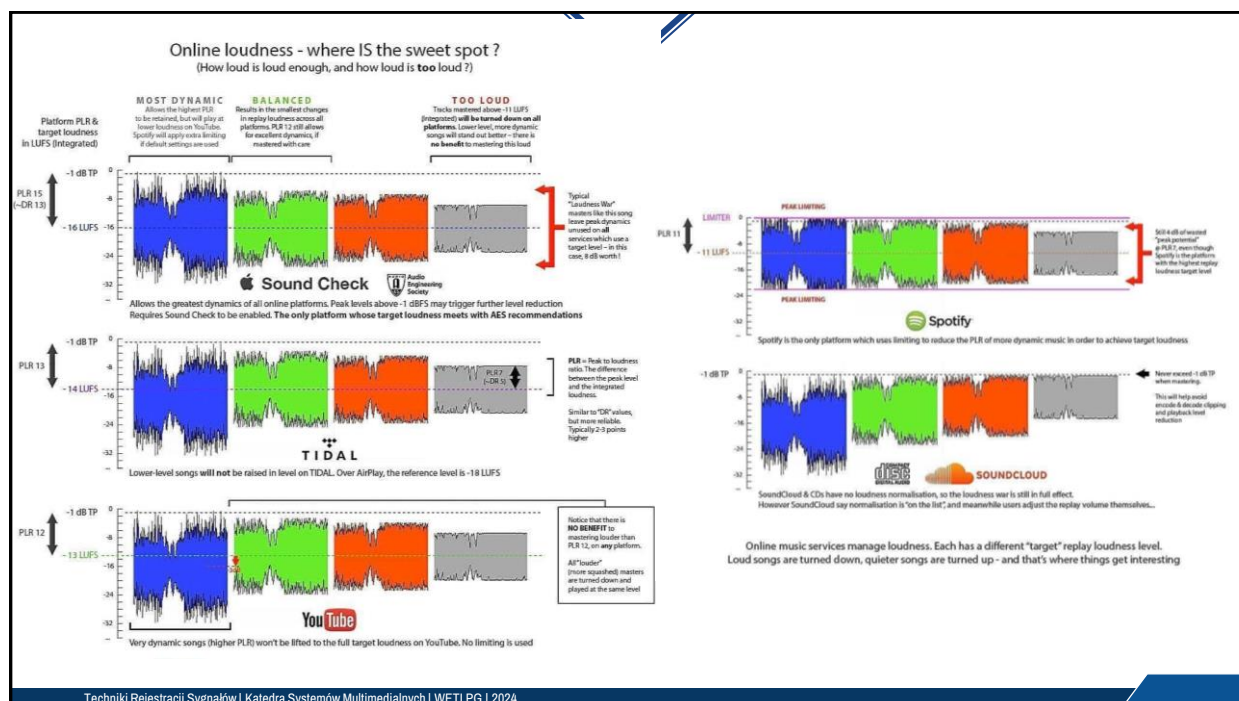
Loudness Range: < 20 LU for HDTV, < 12 LU for legacy platforms, < 8 LU for mobile platforms.

<https://youlean.co/loudness-standards-full-comparison-table/>

<https://partnerhelp.netflixstudios.com/hc/en-us/articles/360001794307-Netflix-Sound-Mix-Specifications-Best-Practices-v1-1>

Techniki Rejestracji Sygnałów | Katedra Systemów Multimedialnych | WETI PG | 2024

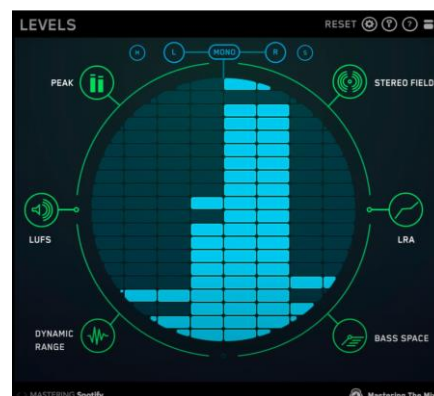
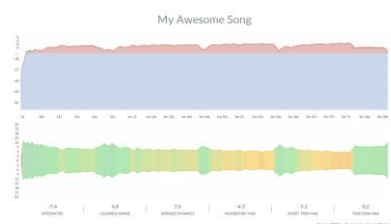
41



42

Wtyczki

- ◆ [YouLean](#) - darmowa, eksport wyników analizy
- ◆ [Mastering the Mix](#) - 66\$
- ◆ [WLM](#) (Waves) 399 \$
- ◆ [Insight 2](#) (iZotope)
- ◆ [Initial Clipper](#) (darmowe)



Techniki Rejestracji Sygnałów | Katedra Systemów Multimedialnych | WETI PG | 2024

43

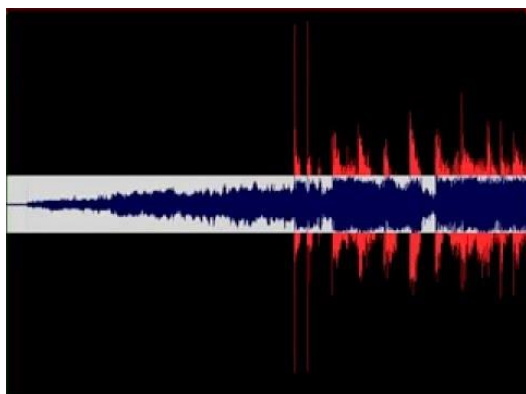
Część bez LUFs, ale przydatne

- ◆ [TT Dynamic Range Meter](#) (darmowa)
- ◆ [TBProAudio – dpMeter 5](#) (darmowe)
- ◆ [eMastered](#) - mastering przez AI
 - nie każda wtyczka działa z 5.1,
 - część posiada narzędzia wspomagające pracę pod konkretny gatunek lub plik odniesienia



Techniki Rejestracji Sygnałów | Katedra Systemów Multimedialnych | WETI PG | 2024

44



Faith that:

- "Loudness" has no effect on sales - [here's the research](#)
- People don't like the "loudness war" sound - [here's the evidence](#)
- Replay volume is adjusted so "loud" CDs never sound louder than anything else
- "Loudness war" levels sound worse on the radio
- Dynamic sound is a great way to make your music stand out

Do poczytania

- ◆ [It Came From The VU Meter – Some Audio Metering History](#)
- ◆ [What Are LUFS? The Complete Guide Ian Stewart, 2023](#)
- ◆ [What Is a True Peak Limiter? by Ian Stewart, 2023](#)
- ◆ <https://aes2.org/resources/audio-topics/loudness-project/resources-and-references/>
- ◆ [Pro Audio Reference \(StyleGuide\)](#)
- ◆ [Cambridge Music Technology](#)