

# 6. ÄÄNENTALLENNUS

---

## 6.1 Magneettinen analoginen äänentallennus

Digitaalinen äänentallennus on ollut viime vuosien kuumimpia keskustelunaiheita audioalalla. Kotikäytössä on CD-levy lyönyt itsensä läpi ja DAT (Digital Audio Tape)- kasettikotinauhurit yleistivät. Nämä seikat eivät kuitenkaan muuta sitä tosiasiaa, että ammattikäytössä perinteisellä analogisella tekniikalla on vielä tätä kirjoitettaessa tärkeä merkitys.

Viime vuosina markkinoille tulleet kehittyneet kohinanvaimennusjärjestelmät ovat omalta osaltaan hidastaneet digitaalitekniikan yleistymistä ammattikäytössä. Kuuntelemalla saattaa olla hyvin vaikeaa erottaa digitaalista ja esim. Dolby SR - kohinanvaimennusjärjestelmän avulla tehtyä tallennetta toisistaan.

### 6.1.1 Ääninauhan ominaisuudet

Pääasiassa kotikäyttöön tarkoitettujen C-kasettisoittimien, ammattikäyttöön tarkoitettujen avokelanauhureiden sekä mm. radioasemien käyttämien ns. NAB - nauhurien toimintaperiaate on sama, erot koskevat ainoastaan ääninauhan leveyttä ja "paketoititapaa".

Nahurissa ääninauha kulkee äänipäissä kiinni vakionopeudella. Äänityspäähän johdetaan äänisignaali, jolloin ääninauhalle magnetoituu äänisignaalin "kuva" magneettisessa muodossa. Vastaavasti, kun ääninauha kulkee toistopään ohi, muodostuu toistopään käämin napoihin jännite, joka vastaa alkuperäistä audiosignaalia.

Nykyaikainen ääninauha koostuu tarkoitukseen sopivasta taustamateriaalista, jona käytetään valmistajista riippuen erityyppisiä muovimateriaaleja. Taustamateriaalin päätehtävä on pitää nauha mekaanisesti koossa, mutta sen ominaisuudet vaikuttavat myös nauhakerrosten läpi tapahtuvaan kopioitumiseen. Kopioitumisen estäminen onkin yksi syy siihen, että ammattikäyttöön tarkoitettujen ääninauhat on valmistettu verrattain paksuista materiaaleista.

Taustamateriaaliin kiinnitetään magnetoituvaa kerros, joka avokelanauhoissa on lähes aina rautaoksidia (FeO) mutta ohuissa C-kasettinauhoissa ja joissakin erikoisnauhoissa esim. kromioksidia (CrO<sub>2</sub>) tai hapettamatonta metallia (metal).

### 6.1.1.1 Esimagnetointi

Nauhateriaalit (ja yleensä muutkaan magnetoituvat materiaalit) eivät magnetoitu lineaarisesti. Jos äänisignaali yritettäisiin tallentaa sellaisenaan ääninauhalle, seurauksena olisi toistettaessa voimakkaasti vääristynyt signaali. Tämä ongelma on nauhureissa ratkaistun esimagnetoinnin (bias) avulla.

Esimagnetointi tehdään siten, että äänisignaaliin summataan korkeataajuinen, yleensä n. 80 kHz...250 kHz, esimagnetointisignaali. Tämä tuotetaan oskillaattorilla (bias oscillator), jollainen sisältyy kaikkiin analogisiin nauhureihin. Esimagnetointisignaali "ratsastaa" varsinaisen äänisignaalin päällä ja pitää huolen siitä, että äänisignaali ei pääse vaikuttamaan ääninauhan magnetoitumiskäyrän epälinearisella osalla.

Eri nauhatyyppien magnetoitumisominaisuudet ovat erilaiset. Tästä syystä ne yleensä vaativat erisuuruiset esimagnetointiarvot. Tämän lisäksi eri nauhanopeudet vaativat erisuuruisen esimagnetoinnin. Nauhatyyppien vaihtaminen siis edellyttää sitä, että nauhurin esimagnetointi säädetään uudelleen. Nauhatyyppien ja nauhanopeuden muuttaminen edellyttää muidenkin säätöjen tarkistamista, näistä enemmän jäljempänä.

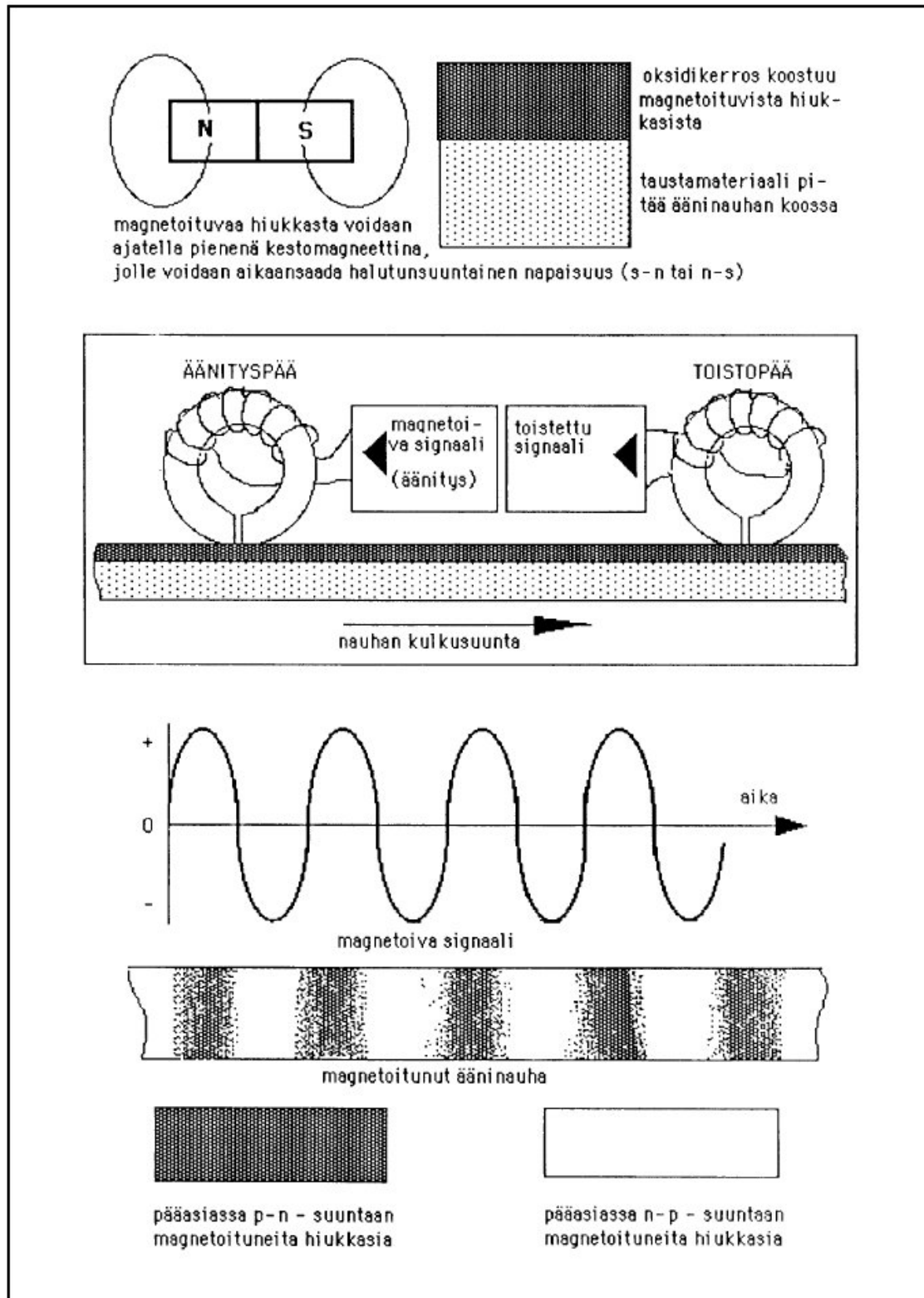
Mikäli esimagnetoinnin arvo ei ole oikea, ovat seuraukset kuultavissa monella tavalla. Mikäli säätöpoikkeama ei ole kovin raju, aiheuttaa liian pieni esimagnetointi kasvanutta säröä ja taajuusvasteen korostumista korkeilla taajuuksilla. Liian suuri esimagnetointi aiheuttaa niin ikään kasvanutta säröä, mutta korkeat taajuudet vaimenevat.

Oikea esimagnetoinnin arvo on usein eräänlainen kompromissi eri ominaisuuksien (särö, signaali-kohinasuhde, taajuusvaste) välillä. Nauhanvalmistajat esittävät nauhoilleen suositusarvot, ammattinauhoille useimmiten desibeliluvun  $S_{10\text{kHz}}$ . Tätä lukua käytettäessä äänitetään nauhalle 10 kHz:n testisignaalia, ja äänisignaalin tasoa tarkkaillaan toistopään kautta. Bias - säädin asetetaan minimiinsä. Esimagnetointia aletaan nostaa, kunnes löydetään kohta, jossa äänisignaalin voimakkuus on suurimmillaan. Tämän jälkeen esimagnetoinnin tasoa nostetaan sen verran, että äänisignaalin taso laskee  $S_{10\text{kHz}}$ :n osoittaman desibelimäärän verran, esim. 3 dB. Näitä säätötoimenpiteitä suorittavat ammattimiehet puhuvat usein "kymmenen kilon yli-biaksesta".

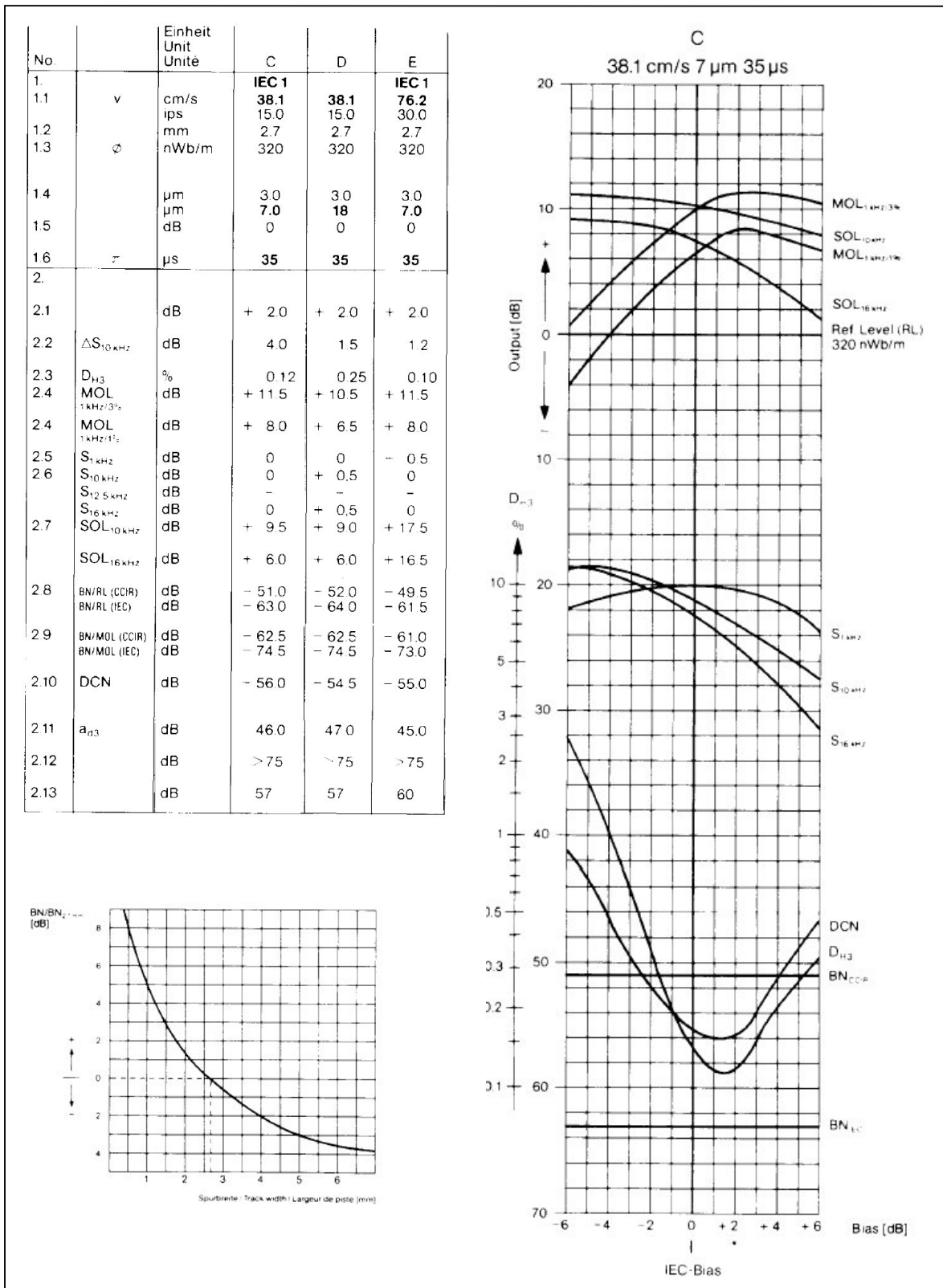
Nauhan esimagnetointitarpeeseen vaikuttavat nauhaominaisuuksien lisäksi nauhanopeus ja äänityspään ilmaraon leveys. Nauhavalmistajat ilmoittavat nauhojen ominaisuuksia erilaisille nopeus-ilmarakokombinaatioille.

C-kaseteissa esimagnetointitasoa on pyritty jossain määrin standardoimaan. Käytännössä pätee kuitenkin se, että jokainen nauhatyyppi vaatii oman esimagnetointitasonsa, vaikka nauhat IEC-normin mukaan voidaan jakaa kolmeen pääryhmään: normaalit, kromidioksidi ja metallinauhat.

Kuva 6.1 Ääninauhan magnetoituminen



Kuva 6.2 Erään ammattikäyttöön tarkoitetun ääninauhan (Agfa PEM 468) ominaisuuksia



### 6.1.1.2 Dolby HX

Jos halutaan mahdollisimman hyvä korkeiden taajuuksien toisto (dynamiikka, ohjattavuus ennen nauhan kyllästymistä) pitää esimagnetoinnin toimia matalammalla tasolla kuin pyrittäessä mahdollisimman pieneen säröön keskitaajuuksilla. Englantilaisen Dolby Laboratories'in kehittämä tämän ongelman ratkaisu on nimeltään Dolby HX. Sitä ei pidä sekoittaa saman Dolby - tavaramerkin alla myytäviin kohinanvaimennusjärjestelmiin.

HX:n idea on se, että esimagnetointia säädetään ohjelmamateriaalin mukaan. Jos ohjelmassa on voimakkaita korkeita taajuuksia, pienennetään esimagnetointia, jos ei, suurennetaan sitä. Näin saadaan aikaan hyvä kompromissi korkeiden taajuuksien ohjattavuuden ja särön välillä. Järjestelmän avulla kuultava äänenlaatu paranee useimmissa tapauksissa olennaisesti.

### 6.1.1.3 Pohjakohina ja kyllästyminen

Ääninauhan magnetoituva kerros koostuu tarkoituksenmukaisella liima-aineella sidotuista magnetoituvista hiukkasista. Tämä aiheuttaa osaltaan sen, että toistossa on aina jonkin verran "rakeisuutta", joka kuuluu kohinana.

Kun audiosignaalin tasoa nostetaan, saavutetaan jossakin vaiheessa raja, jolloin ääninauha ei enää magnetoidu enempää vaan siinä tapahtuu kyllästyminen (saturation). Tällöin nauhalle tallentuvan signaalin taso ei nouse samassa suhteessa kuin syötetyn signaalin taso. Tallentuva signaali säröytyy.

Saavutettavissa oleva signaali-kohinasuhde riippuu siis nauhan pohjakohinasta ja kyllästymisrajasta. Paksuilla ammattikäyttöön tarkoitetuilla avokelanauhoilla kyllästymistaso on huomattavasti korkeampi kuin esimerkiksi ohuilla C-kasettinauhoilla.

## 6.1.2 Nauhurin toiminta

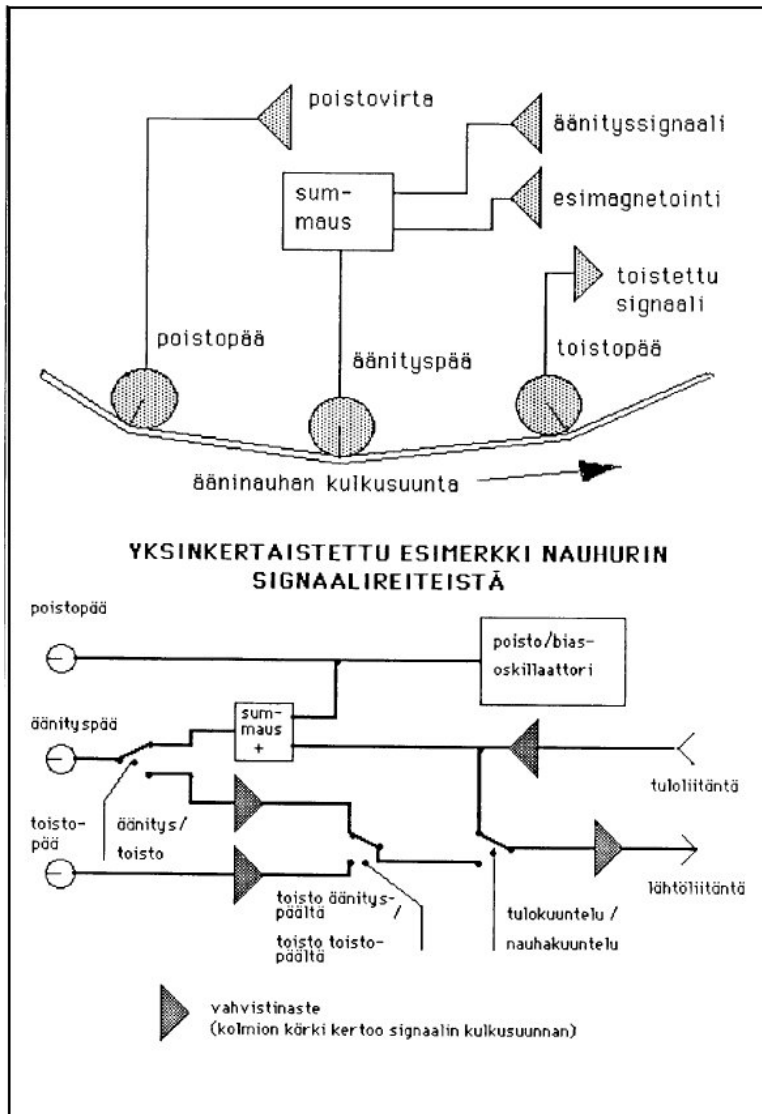
Ammattikäyttöön tarkoitetuissa avokelanauhureissa on lähes aina vähintään kolme äänipäätä. Näistä ääninauha kohtaa ensimmäiseksi poistopään (erase head), sitten äänityspään (recording head) ja lopuksi toistopään (playback head). Näiden lisäksi nauhureissa saattaa olla erikoispäitä esim. erilaisten nauhaformaattien kuuntelemiseksi.

Kevyemmissä laitteissa, esim. useimmissa C-kasettisoittimissa, äänitys- ja toistopäät on yhdistetty. Rakenteen huono puoli on se, ettei äänitettyä signaalia voida kuunnella nauhan kautta. Tällöin on luotettava siihen, että "kyllä se sinne menee".

Erillisillä äänitys- ja toistopäillä on mahdollista saavuttaa hieman parempi äänenlaatu kuin yhdistetyllä äänipäällä. Tämä johtuu siitä, että äänitys- ja toistotoimintoja varten optimoidut päät poikkeavat toisis-

taan, yhdistelmäpää on kompromissi. Kuva 6.3 esittää yksinkertaistusti nauhurin toimintaa.

Kuva 6.3 Nauhurin toiminta



Nauhurin asetus äänitykselle voi yleensä tapahtua joko käynnistettäessä nauhankuljetus tai nauhan jo valmiiksi pyöriessä. Tällöin poistopäähän kytkeytyy poistovirta, joka on suuritaajuinen signaali. Sen avulla tuhoataan (demagnetoidaan) nauhalta sinne ennestään äänitetty materiaali.

Poistovirta voidaan käytännössä synnyttää samassa oskillaattorissa kuin esimagnetointisignaali, mutta usein sitä varten on varattu oma oskillaattorinsa. Mikäli poisto- tai esimagnetointivirta kytkeytyvät äkkinaisesti esimerkiksi kytkimen kautta päälle tai pois, saattaa seurauksena olla nauhalle tallentuva, kuuluva napsahdus. Tästä syystä ammattikäyttöön tarkoitetuissa nauhureissa usein käytetään jänniteohjattua vahvistinta (VCA, Voltage Controlled Amplifier), jonka avulla kytkentä voidaan suorittaa pehmeästi.

Nauhan kuljetusmekanismin laatu määrää sen, miten värinätön ja huojumaton äänentoisto saavutetaan. Nauhan kulkunopeus vakioidaan yleensä kuljettamalla nauha vetoakselin (capstan) ja kumirullan (capstan roller) välistä. Vetoakselin pyörintänopeus vakioidaan nauhurista riippuen erilaisilla menetelmillä, esim. sähköisillä vakiointi-piireillä. Kelalautasiin järjestetään momentti, joka pitää nauhan sopivalla kireydellä.

Ammattikäyttöön tarkoitetuissa avokelanauhureissa vetoakselia ja molempia kelalautasia käytetään omilla moottoreillaan. Näin menettellään myös joissakin C-kasettisoittimissa. Monissa kevyissä laitteissa sama moottori huolehtii kaikista mainituista toiminnoista hihnavälitysten avulla.

Vetoakseli-kumirullayhdistelmiä voi olla kaksi kappaletta, äänipääsillan molemmin puolin. Tällaisesta rakenteesta käytetään nimitystä "dual capstan", ja sitä käytetään etenkin kalliimman hintaluokan C-kasettisoittimissa.

Kun nauhuri käynnistetään toistolle tai äänitykselle siirtyy kumirulla kiinni vetoakseliin ja niiden välissä oleva ääninauha alkaa kulkea vetoakselin määräämällä nopeudella. Samalla kelamoottorit kytkeytyvät momentille, joka on sopiva toistoa ajatellen. Jos näiden toimintojen keskinäinen ajoitus on huono, saattaa seuraksena olla nytkähtävä tai "vongahtava" käyntiinlähtö.

#### **6.1.2.1 Nauhanopeudet**

Nauhanopeus vaikuttaa moniin seikkoihin: äänenlaatu, nauhamenekki, nauhan leikattavuus (editointi) jne. Suuremmalla nauhanopeudella on periaatteessa mahdollista saavuttaa parempi äänenlaatu kuin pienellä. Samoin leikattavuus on parempi suurella nopeudella äänitehtyllä nauhalla, koska leikkauskohdan etsiminen kuuntelemalla on helpompaa.

Vastaavasti nauhan menekki on luonnollisesti suurempi suuremmalla nopeudella. C-kasetille pystytään esimerkiksi äänittämään halutun pituinen aika (30 minuutista jopa kolmeen tuntiin) vain käyttämällä pientä nauhanopeutta ja tinkimällä samalla äänenlaadusta.

Tärkeimmät nauhanopeudet ja niiden käyttöalueet ovat:

#### **2,38 cm/s**

Tällä hyvin hitaalla nopeudella pyörivät pääasiassa ns. referenssinauhoittimet. Niitä käytetään esim. paikallisradioasemilla taltioitaessa aseman lähettämää ohjelmaa varastoitavaksi radiovastuulain edellyttämällä tavalla kolmeksi kuukaudeksi. Tärkeintä on mahdollisimman pieni nauhamenekki, äänenlaaduksi riittää se, että toisto on ymmärrettävää.

2,38 cm/s nopeutta käytetään myös pienoiskaseteilla toimivissa sanelukoneissa ja puhelinvastaajissa.

### **4,75 cm/s**

C-kasettinauhureiden nauhanopeus. Tämä löytyy myös monista takavuosien kotikäyttöön tarkoitetuista avokelanauhureista.

### **9,5 cm/s**

Ammattikäytössä yleinen ns. NAB - kasettisoittimissa (kts. edempänä: Nauhaleveydet ja niiden käyttö). Niitä käyttävät esim. radioasemat mainosten ja äänitunnusten ulosajoon.

C-kasettimonistamoiden käyttämät masternauhat äänitetään usein tällä nopeudella, josta johtuen se on saatavissa joihinkin ammattikelanauhureihin.

### **19 cm/s**

Toiseksi yleisin nauhanopeus ammattikäytössä. Käytetään 38 cm/s sijaan tarvittaessa pidempää nauhoitusaikaa yhdelle nauhakelalle. Äänenlaadussa on pieni ero isomman nopeuden hyväksi, samoin leikkavuudessa.

### **38 cm/s**

Yleisin nauhanopeus ammattikäytössä. Useimmat avokelanauhurit on optimoitu tälle nopeudelle.

### **76 cm/s**

Tätä nopeutta käytetään joskus moniraitanauhoituksissa parhaan mahdollisen äänenlaadun saavuttamiseksi. Sen käyttö on vähentynyt korkealaatuisten kohinanvaimennusjärjestelmien tultua markkinoille.

## **6.1.3 1-, 2- ja moniraitanauhurit**

Vakiintuneen käytännön mukaan moniraitanauhuriksi (multitrack tape recorder) nimitetään laitetta, jossa yhtäaikaan tai erikseen voidaan äänittää useampaa kuin kahta ääniraitaa (soundtrack).

Moniraitanauhurilla halutaan usein äänittää ohjelmaa raita kerrallaan myöhempää miksausta varten. Tällöin tulee aikaisemmin äänitettyjä raitoja voida kuunnella samanaikaisesti, kun uusi äänitty. Jos kuuntelu erillisillä äänitys- ja toistopäillä varustetussa nauhurissa tapahtuu toistopään kautta, syntyy eri raidoille äänitettyjen ohjelmien välille aikaero. Sen suuruus riippuu nauhanopeudesta ja äänipäiden keskinäisestä etäisyydestä.

Jotta aikaeroa ei syntyisi, pitää moniraitanauhurissa olla mahdollisuus kuunnella raitoja myös äänityspään kautta. Tätä tahdistettua kuuntelua kutsutaan usein "synkkakuunteluksi" (sync, sel rep).

C-kasettistereonauhassa on itse asiassa neljä ääniraitaa, kaksi molempiin suuntiin vasemman ja oikean stereokanavan äänittämiseksi. Samoin on vanhoissa kotikäyttöön tarkoitetuissa 4-raita-avokelanauhureissa. Ammattikäytössä ääniraidat äänitetään vain yhden suuntaan.



Joissakin tapauksissa on tarpeellista tallentaa nauhalle muutakin informaatiota kuin itse audiosignaalia. Tällaista on esim. aikakoodi, jota käytetään tahdistettaessa useita nauhureita keskenään.

Moniraitanauhureissa aikakoodia varten varataan oma ääniraita. Stereonauhureissa on puolestaan vakiintunut ns. keskiraita-aikakoodin käyttö. Multivisioesitysten äänityksessä ja toistossa käytetään nauhureita, joissa dian vaihtoon liittyvä informaatio tallennetaan omalle raidalleen. NAB - nauhureissa äänitetään omalle raidalleen tieto äänitteen alku- ja loppukohdista.

### **6.1.3.1 Nauhanleveydet ja niiden käyttö**

Nauhaleveydet ja niiden käyttöalueet ovat:

#### **1/8" (3,18 mm)**

C-kasettinauhureiden nauhanleveys. Normaalin stereokäytön lisäksi valmistetaan C-kasettia käyttäviä nauhureita, joissa tälle nauhalle äänitetään samansuuntaisesti useita raitoja (esim. Fostex, Tascam). Nämä on tarkoitettu lähinnä harrastelijakäyttöön ja esim. muusikoille, jotka haluavat kokeilla sovituksiaan ennen varsinaiseen studioon menoa.

#### **1/4" (6,35 mm)**

Avokelanauhureiden yleisin nauhanleveys. Vaativassa ammattikäytössä tälle leveydelle äänitetään yksi (mono) tai kaksi (stereo) raitaa.

Neliraitaisia 1/4" nauhureita käytetään ammattikäytössä nykyään lähinnä C-kasettimonistuksessa tarvittavien masternauhujen äänitykseen. Näiden lisäksi valmistetaan 1/4" nauhaa käyttäviä 8-raitanauhureita, joihin pätee sama mitä mainittiin C-kasettia käyttävien moniraitanauhureiden kohdalla.

1/4" nauhaa käytetään myös ns. NAB-kasettisoittimissa, joissa nauha on pakattu kasettiin päättymättömäksi silmukaksi, jota soitetaan ja kelataan vain yhteen suuntaan. Kasetteja valmistetaan eri pituisina, muutamista kymmenistä sekunneista muutamiin minuutteihin. NAB-kasettisoittimissa äänitetään omalle raidalleen tieto äänitteen alku- ja loppupaikasta (ns. Cue-raita). Tämän tiedon perusteella nauhuri kelautuu automaattisesti esim. mainoksen loputtua alkukohtaan.

#### **1/2" (12,7 mm)**

Joissakin musiikkistudioissa käytetään 1/2" 2-raitanauhureita masterointiin (valmiiksi miksatus äänitteen tallennukseen), kun halutaan parasta mahdollista äänenlaatua, jonka analoginen tallenne pystyy tarjoamaan. Neliraitaisia 1/2" nauhureita tavataan nykyään lähinnä C-kasettimonistamoiden masternauhureina.

Keskiraskaassa käytössä 1/2" 8-raita ja jopa 16-raitanauhurit ovat verrattain yleisiä.



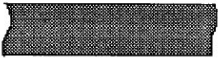

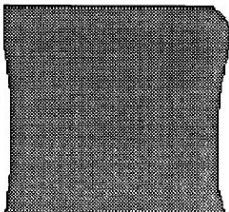
#### **1" (25,4 mm)**

1" 8-raitanauhurit olivat takavuosina verrattain yleisiä. Nykyään 1" nauhaa käytetään lähinnä keskiraskaassa 16- ja 24-raitakäytössä.

## 2" (50,8 mm)

Vaativassa ammattikäytössä suosituin moniraitanauhureiden nauhanleveys. 16, 24 ja 32 raitaa.

**Kuva 6.5** Nauhaleveydet ja niiden käyttö analogisissa ääninauhureissa

	NAUHAN- LEVEYS	YLEISET KÄYTTÖ- TARKOITUKSET
	1/8"	- C-kasettinauhurit
	1/4"	- avokelanauhurit: 1,2,4 ja 8 raitaa - NAB-kasettinauhurit
	1/2"	- avokelanauhurit: 2,4,8 ja 16 raitaa
	1"	- avokelanauhurit: 8,16 ja 24 raitaa
	2"	- avokelanauhurit: 16, 24 ja 32 raitaa

Leveää nauhaa käyttävän nauhurin rakentaminen tulee kalliiksi johdettua mm. painavammista nauhakeloista. Mekaanisesta rakenteesta moottoreineen tulee kallis.

Vaativassa ammattikäytössä, esim. musiikkistudioissa ja radioasemilla, pyritään mahdollisuuksien mukaan käyttämään leveäraitaisia moniraitanauhureita. Kapearitaiset mallit kelpuutetaan, kun kustannuksista on pakko tinkiä.

### 6.1.4 Tallenteiden vaihtokelpoisuus

Äänentoistossa saattaa esiintyä ongelmia, vaikka nauhoitteiden toistoon käytettävän nauhurin raitamäärä, nauhanleveys ja nauhanopeus olisivatkin samoja. Toistettaessa nauhaa eri nauhureissa voi lopputulos kuulostaa sameammalta tai kirkkaammalta kuin alunperin oli tarkoitettu. Signaalintasot voivat vaihdella ja ääni saattaa olla jopa säröinen, vaikka lopputulos kuulostaisi hyvältä toistettaessa nauhaa siinä nauhurissa, millä se äänitettiin. Pääasialliset syyt näihin ongelmiin ovat:

- erisuuruiset äänitystasot eri nauhureissa
- poikkeava äänityksen taajuuskorjausstandardi
- virheellinen äänipään kulma joko äänittävässä tai toistavassa nauhurissa

#### 6.1.4.1 Äänitystaso

Ääninauhat ovat kehittyneet siten, että ne sietävät kyllästymättä suurempia magnetoimistasoja kuin aikaisemmin. Vanhojen standardien ja käytäntöjen mukaiset tasot ovat siis pienempiä kuin uusien mukaiset. Lisäksi esiintyy "mannertenvälisiä" eroja, esim. eurooppalaiset ovat kiinnittäneet pääasiallista huomiota signaali-kohinasuhteeseen, amerikkalaiset taas säröön. Näin eurooppalaisten käyttämät äänitystasot ovat olleet suurempia kuin amerikkalaisten vastaavat.

Oikein toimiva nauhuri antaa toistettaessa samansuuruisen signaalin (toistotaso, playback level) kuin mitä äänitettiin (äänitystaso, recording level).

Jos äänitykseen käytetyn nauhurin äänitystaso on paljon toistavan nauhurin vastaavaa suurempi, saattaa signaali säröytyä toistavan nauhurin vahvistinasteissa.

Päinvastaisessa tapauksessa saattaa olla ongelmia saada toistavasta nauhurista riittävän voimakasta signaalia. Tällöin joudutaan lisäämään vahvistusta esim. äänipöydässä tai säädöt loppuvat kesken.

Käytettäessä kohinanvaimennusjärjestelmiä tasovirheet voivat aiheuttaa myös pumppausilmiöitä ja virheitä taajuustoistossa, (kts. osa 6.2: Kohinanvaimennus), jotka käytännössä aiheuttavat ongelmia varsinkin C-kasettien vaihdossa.

Äänitettäessä ääninauhaa magnetoidaan (magnetoimistason yksikkö on nWb/m, nanoweberia/metri). Pyrittäessä mahdollisimman hyvään signaali-kohinasuhteeseen ilman kohinanvaimennusjärjestelmää, äänitetään esim. musiikkimasternauhat käytännössä seuraavasti: Signaalin huiput äänitetään siten, että vastaavalla tasolla äänitetyn 1000 Hz:n taajuisen jatkuvan signaalin harmoninen särö olisi kolme prosenttia. Tämä saattaa kuulostaa korkealta arvolta, mutta johtuen ääninauhan kyllästymisominaisuuksista sekä siitä, ettei käytännön äänisignaali yleensä ole jatkuvaa eikä sinimuotoista, se ei ole kovin helposti kuultavissa.

Nykyisillä 1/4" ääninauhoilla (esim Agfa PEM 468, PEM 469, Basf 911) kolmen prosentin särötaso vastaava magnetoimistaso on 2-raitakäytössä yli 1000 nWb/m.

Audiolaitteissa perinteisesti käytetyt tasomittarit ovat VU-tyyppisiä (VU = Volume Unit, ks. kohta 10.1.3 Audiolaitteiden omat tasomittarit), VU - mittari seuraa todellista audiosignaalia (puhe, musiikki) verrattain hitaasti, joten se näyttää lähinnä signaalitason keskiarvoa ja huippuarvot ovat tyypillisesti 6 - 10 dB keskimääräistä suuremmat.

Käytäntö on osoittanut, että VU - mittareilla varustetuilla laitteilla voidaan nykyaikaisia nauhoja äänittää siten, että mittarin nollakohta (josta punainen alue alkaa) vastaa magnetoimistasoa 514 nWb/m, joka on noin 6 dB alle käytettyjen nauhojen kolmen prosentin särörajan. 514 nWb/m on nykyään eniten käytetty magnetoimistaso leveäraitaisissa avokelanauhureissa.

Vaikka itse ääninauhat nykyään sietävät korkeita äänitustasoja, ei kaikkia (varsinkaan vanhantyyppisiä) nauhureita voida niille säätää. Joissakin moderneissa nauhureissa on tästä syystä valintakytkin, jonka avulla taso voidaan asettaa erilaisille standardiarvoille.

514 nWb/m äänitustasoa voidaan käytännössä käyttää seuraavissa raitaformaateissa:

- 1/4" 2-raita (yleisin)
- 1/2" 2-raita
- 1/2" 4-raita
- 1" 8-raita
- 2" 16-raita
- 2" 24-raita

Pienempiä äänitustasoja joudutaan usein käyttämään, kun raitaleveydet ovat yllämainittuja kapeampia. Yleisesti käytettyjä ovat esim. 320 nWb/m, 250 nWb/m, 200 nWb/m ja 185 nWb/m.

C-kasettinauhurin äänitustasoa (tai sitä äänitustasoa, jota silmälläpitäen nauhuri on suunniteltu) voidaan arvioida tasomittarissa olevan dolby - merkin avulla. Sen pitäisi vastata 200 nWb/m äänitustasoa. Toisissa nauhureissa merkki on nollan alapuolella, toisissa yläpuolella.

#### **6.1.4.2 Taajuuskorjausstandardit**

Äänitettäessä ei magnetoimistaso kaikilla taajuksilla ole samanlainen. Jotta kuultavaa nauhakohinaa saataisiin pienemmäksi, korostetaan äänitettäessä korkeita taajuuksia, joita vastaavasti toistettaessa vaimennetaan. Tällöin nauhan pohjakohinan korkeataajuiset ja häiritsevimmät kuuluvat komponentit vaimenevat.

Tästä johtuu osaltaan, että nauhurin taajusvaste usein riippuu äänitustasosta. Kun korkeita taajuuksia korostetaan äänitettäessä, kyllästyy ääninauha nopeammin. Vaste saattaa olla suora esim. - 20 dB:n tasolla alle VU - mittarin nollanäyttämän, mutta nollanäyttämällä mitattuna korkeat taajuudet vaimenevat. Tästä johtuen varsinkin C-kasettisoittimien taajusvasteet mitataan yleensä nimellistä äänitustasoa pienemmillä tasoilla.

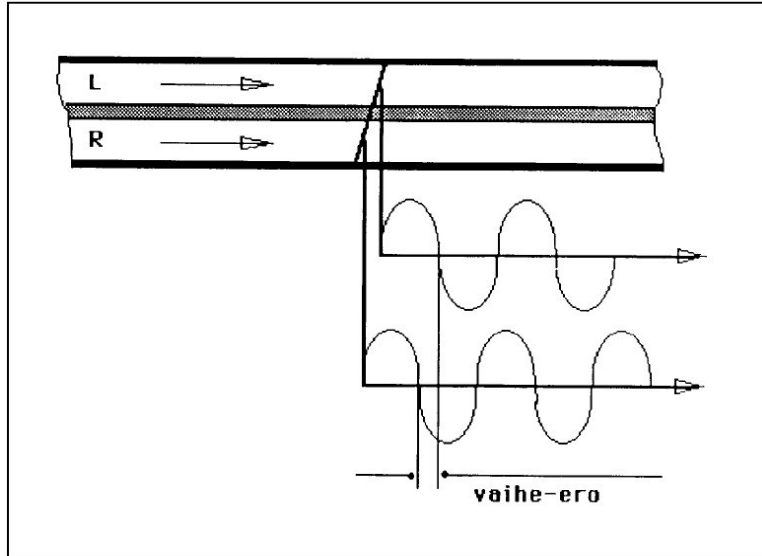
Eri standardoimislaitokset (IEC, NAB, AES) ovat määrittelleet eri nauhanopeuksille sopivia taajuuskorjauskäyriä. Avokelanauhureiden kohdalla ongelmallisia ovat yleisimmin käytetyt nopeudet 19 cm/s ja 38 cm/s, joilla esiintyy kahta erilaista standardia, IEC ja NAB. Nopeudella 9 cm/s nämä standardit ovat yhteneviä. Nopeudella 76 cm/s on 1950-luvun jälkeen käytetty ainoastaan AES - standardin mukaisia taajuuskorjausta.

Jos nauha toistetaan nauhurissa, joka noudattaa eri standardia kuin äänitykseen käytetty nauhuri, on eri taajuuskorjauskäyrien välinen ero kuultavissa. Käytännössä kaikkien Euroopassa tehtävien äänitteiden pitäisi noudattaa IEC:n mukaista suositusta. Ongelma on siinä, että Suomessa on yhä käytössä lukuisia NAB-normin mukaisia nauhureita. Joissakin laitteissa on tosin kytkin, jolla normia voidaan vaihtaa.

### 6.1.4.3 Virheellinen äänipään kulma

Äänipään ilma-äänin on oltava 90 asteen kulmassa ääninauhaan nähden. Tätä kulmaa nimitetään atsimuuttikulmaksi. Jos atsimuuttikulma äänittävässä ja toistavassa koneessa (tai saman koneen äänitys- ja toistopäässä) poikkeavat toisistaan, ei stereofonista ohjelmaa voi laadun heikkenemättä kuunnella monofonisena. Jos poikkeama on suuri, kuullaan stereokuvan hämärtyminen ja korkeiden taajuuksien kato myös stereokuuntelussa.

Kuva 6.6 Atsimuuttikulma



### 6.1.5 Nauhurin kunnossapito.

Nauhurin säätöjen tulee olla kohdallaan, jotta nauhuri äänittäisi ja toistaisi tarkoitetulla tavalla. Ammattikäyttöön tarkoitettuista avokelanauhureissa ja myös joissakin laadukkaista C-kasettinauhureissa ovat seuraavat sähköiset parametrit tai osa niistä sisäisesti säädetävissä:

- esimagnetointi (bias)
- tulotaso (input level)
- äänitystaso (recording level)
- äänityksen taajuuskorjain (recording eq)
- toistotaso (playback level)
- toiston taajuuskorjain (playback eq)
- lähtötaso (output level)
- toistotaso kuunneltaessa äänityspäällä (sync level tai sel rep level)

Nauhurissa saattaa tyypistä riippuen olla muitakin sähköisiä säätöjä. Tärkeitä ovat lisäksi äänipäiden kulmasäädöt, jotka saattavat muuttua mekaanisen rasituksen ja äänipäiden kulumisen seurauksena.

Monet näistä säädöistä ryömivät johtuen ympäristönmuutoksista ja äänipäiden kulumisesta. Tästä syystä säädöt on tarkistettava säännöllisesti, jotta nauhurin suorituskyky ja nauhojen vaihtokelpoisuus oli-

sivat hyvät. Yllämainittujen säätöjen tarkistus edellyttää hyvää ammattitaitoa ja kunnollisia mittalaitteita.

#### **6.1.5.1 Käyttäjän tekemät huoltotoimenpiteet**

Ääninauhoista irtoaa aina jonkin verran oksidia nauharataan ja äänipäihin. Äänipäihin kertynyt lika aiheuttaa aluksi korkeiden äänien katoamista ja lopuksi totaalisesti puuroutuneen äänentoiston. Nauharadan, esim. kumirullan tai vetoakselin likaantuminen aiheuttaa lisääntyntä huojuntaa.

Monissa studioissa on otettu käytännöksi se, että päivän viimeinen tai ensimmäinen käyttäjä puhdistaa nauharadan ja äänipäät esim. pumpulipuikolla ja nauhurin valmistajan suosittelemalla puhdistusnesteellä.

Nauhurin äänipäillä on taipumuksena itse pysyvästi magnetoitua jatkuvasti ohi kulkevan nauhan vaikutuksesta. Silloin nauhuri voi pyyhkiä korkeita taajuuksia valmiiksi äänitetyltä nauhalta. Tästä syystä äänipäät on syytä demagnetoida tarkoituksenmukaisella demagnetointilaitteella. Demagnetointilaitetta käytetään seuraavasti:

1. Nauhurin virta kytketään pois. Jos näin ei tehdä, saattavat nauhurin vahvistinasteet vaurioitua.
2. Ääninauhat viedään riittävän kauas, muutaman metrin päähän, demagnetoitavasta nauhurista. Demagnetointilaitte ei virta kytkettynä saa päästä lähelle ääninauhoja.
3. Demagnetointilaitte pidetään metrin - parin päässä nauhurista ja siihen kytketään virta.
4. Demagnetointilaitte viedään rauhallisin liikkein muutaman kerran nauharadan päästä päähän.
5. Demagnetointilaitte viedään metrin - parin päähän nauhurista, ja siitä katkaistaan virta.

Demagnetointi on syytä suorittaa säännöllisesti, ammattikäytössä n. viikon välein.

## **6.2 Kohinanvaimennus**

Ammattikäyttöön tarkoitetuilla nauhureilla ja nauhoilla voidaan ilman kohinanvaimennusjärjestelmiä parhaimmillaan saavuttaa n. 70 dB:n signaali-kohinasuhde. C-kasettinauhureilla vastaava luku jää yleensä alle 60 dB:n ja vinyyliäänilevyillä alle 50 dB:n. Nykyisillä CD-soittimilla päästään jo 100 dB:n tuntumaan.

70 dB:n signaali-kohinasuhde riittäisi periaatteessa mainiosti perinteisille vinyylilevyille siirtoa varten. Kohinanvaimennusjärjestelmiä on kuitenkin käytetty jo ennen CD-levyn läpilyöntiä. Osasyynä on ollut se, että äänilevyn tuottamisessa nauhoitus kuitenkin tapahtuu monessa vaiheessa: Moniraitanauhoitus, siitä tehty mastermiksaus jne., ja jokainen vaihe on tuonut hieman lisää kohinaa äänisignaalin sekaan.

Parhaat nykyaikaiset kohinanvaimennusjärjestelmät ovat niin tehokkaita, että vaikka ohjelma taltioitaisiin ja miksattaisiin analogisilla nauhureilla, voidaan käytännössä koko CD-levyn dynamiikka-alue hyödyntää.

Nauhakohinan vaimentamiseksi on kehitetty monia eri menetelmiä. Samoja kohinanvaimennusjärjestelmiä voidaan käyttää, ja käytetäänkin, myös esim. linkkiyhteyksien kohinanvaimennukseen.

Järjestelmät voidaan jakaa kahteen päätyyppiin: Niihin jota käytetään pelkästään toistettaessa (single ended) ja niihin, joita käytetään sekä äänitys että toistovaiheessa (double ended).

### **6.2.1 Pelkästään toistettaessa käytettävät järjestelmät (single ended)**

Single ended - laitteilla on merkitystä silloin, kun on tarve saada esim. ikänsä takia huonolaatuisista äänitteistä kuuntelukelpoisia. Nykyiset laitteet ovat erilaisia taajuuskorjaimien, suodattimien ja ekspandereiden yhdistelmiä.

Eräs toimintaperiaate on säätää alipäästösuodattimen kulmataajuutta sen mukaan, esiintyykö äänisignaalin ennalta asetetun minimitason ylittäviä korkeita taajuuksia. Jos esiintyy, siirretään kulmataajuutta ylemmäksi, jolloin korkeataajuinen informaatio kuullaan ja häiritsevän kohinan oletetaan peittyvän informaation alle. Jos ei, siirretään kulmataajuutta alemmaksi, jolloin häiritsevä kohina vaimenee.

Single ended - laitteita käytettiin stereofonisen C-kasetin alkuvuosina myös kotikäyttöön tarkoitetuissa laitteissa pyrittäessä hifi-luokan äänentoistoon. Eräs esimerkki oli Philipsin kehittämä DNL (dynamic noise limiter).

### **6.2.2 Sekä äänitettäessä että toistettaessa käytettävät kohinanvaimennusjärjestelmät (double ended)**

Sekä ammattimaisessa äänitekniikassa että kotiaänentoistossa käytetyt järjestelmät ovat sellaisia, joita käytetään sekä äänitettäessä että toistettaessa. C-kasettinauhureissa on lähes aina Dolbyn tunnus kertomassa siitä, että nauhurissa on sisäänrakennettuna Dolby Laboratories:n kehittämä ja patentoima kohinanvaimennusjärjestelmä, jonka lisenssin nauhurin valmistaja on ostanut.

Lähes kaikki markkinoiden järjestelmät perustuvat kompandointiin. Äänitettäessä äänisignaalin dynamiikkaa kompressoidaan eli puristetaan kasaan ja toistettaessa ekspandoidaan eli laajennetaan. Äänitettäessä kompressointi suoritetaan siten, että hiljaisia kohtia voimistetaan. Näin äänisignaalin keskimääräistä tasoa voidaan nostaa huippujen säröytymättä. Nauhakohina pysyy silti vakiona. Toistettaessa signaali ekspandoidaan, ja äänisignaalin hiljaisissa kohdissa myös

nauhakohinan taso laskee. Näin keskimääräinen signaali-kohinasuhde paranee.

Varhaisten kompanderijärjestelmien ongelma oli pumppausilmiö. Ajatellaan esim. kontrabassosooloa: Tauon aikana kohinaa ei kuulu, koska ekspanderi vaimentaa signaalia voimakkaasti. Kontrabasson soidessa kohina tulee kuuluville kun basson äänialue ei sisällä taajuuksia, jotka peittäisivät häiritsevän korkeataajuuden kohinan. Seuraus on se, että kohina tuntuu "pumppaavan" bassosoolon tahdissa.

Laajakaistaisella signaalilla, esim. koko orkesterin soittaessa, ongelmaa ei välttämättä esiinny, koska voimakkaissa kohdissa orkesterin korkeita ääniä tuottavat instrumentit peittävät kohinan alleen.

Kehittyneemmissä kompanderijärjestelmissä pumppausongelma on pystytty lähes kokonaan eliminoimaan. Keinoina tähän on käytetty mm. taajuusalueen jakamista useaan taajuuskaistaan, joita kompanoidaan erikseen, sekä erilaisia taajuuden esikorostuspiirejä. Seuraavassa käsitellään tärkeimpiä kompanderiin perustuvia kohinanvaimennusjärjestelmiä.

#### **6.2.2.1 Dolby A**

Dolby A on ammattikäyttöön tarkoitettu järjestelmä, "alkuperäinen Dolby", jossa taajuusalue on jaettu neljään kaistaan pumppausilmiön eliminoimiseksi. Järjestelmä oli takavuosina yksi arvostetuimmista, ja se on yhä laajalti käytössä.

#### **6.2.2.2 Dolby B**

Dolby B kehitettiin C-kasettinauhureita varten, joissa se on lähes aina sisäänrakennettuna lukuunottamatta kaikkein kevyimpiä laitteita. Siinä kompandointi tapahtuu ainoastaan korkeilla taajuuksilla. Dolby B on kriittinen nauhurin säätöjen suhteen: Esim. pieni virhe taajuustoistossa ilman dolbya aiheuttaa helposti suuremman virheen dolbya käytettäessä. Järjestelmän tehokkuus ei ole samaa luokkaa kuin modernien järjestelmien.

#### **6.2.2.3 Dolby C**

Dolby C on dolby B:stä edelleen kehitetty, tehokkaampi C-kasettinauhureihin ja vastaaviin tarkoitettu kohinanvaimennusjärjestelmä. Se on äänitys- ja toistosäätöjen suhteen vielä kriittisempi kuin dolby b, mutta antaa oikein säädetyssä nauhurissa hyvän lopputuloksen.

#### **6.2.2.4 Dolby SR**

Dolby SR (Special Recording) on Dolbyn uusin ammattikäyttöön tarkoitettu kohinanvaimennusjärjestelmä. Siinä on itse asiassa yhdistetty useampia toimintaperiaatteita: Hyvin pienellä tulotasolla vahvistusta nostetaan koko taajuuskaistalla. Tämä tapahtuu kuitenkin siten, että keski- ja korkeita taajuuksia korostetaan enemmän. Toistettaessa tehdään vastaava vaimennus. Korostus tai vaimennus on suurimmillaan 24 desibeliä 2...5 kilohertsin taajuuksilla. Tämän seurauksena kohinatason pienenee toistossa.



Kun signaalitasoa nostetaan, alkaa laite säätää myös signaalin dynamiikkaa, jotta ylioheutusta ei tapahtuisi. Se siis toimii äänitettävissä kompressorina, mutta ei aivan tavalliseen tapaan. Dolby SR:ssä on kymmenen kaistanpäästösuotimen ryhmä. Suotimet toimivat kahdella eri periaatteella seuraavasti:

- Kiinteille taajuuksille asetetut suotimet, joiden vahvistusta SR:n ohjauspiirit jatkuvasti säätävät signaalin mukaan.
- Kiinteille vahvistuksille asetetut suodattimet, joiden toiminta-taajuutta SR:n ohjauspiirit jatkuvasti säätävät.

Näitä suodattimia yhdistelemällä on mahdollista saada aikaan äärettömän määrä erilaisia suodin-kompanderi-toimintakäyriä. Lopputuloksena on laite, joka kompandoidessaan ottaa huomioon signaalin taajuussisällön (spektrin).

Jos äänitettävä signaali esimerkiksi sisältää vain kapealla taajuusalueella olevan voimakkaan pisteäänänen, tapahtuu kompressio vain tällä taajuusalueella ja sen välittömässä ympäristössä. Tällöin yksittäinen ääni ei vaikuta koko taajuusalueen vahvistukseen, eikä aiheuta kuultavaa pumppausilmiötä. Dolby SR:ää voidaan tavallaan ajatella kompanderina, jonka taajuusalue on jaettu äärettömän moneen kaistaan.

#### **6.2.2.5 dbx**

dbx-kohinanvaimennusjärjestelmä on kompanderiperiaatteella toimiva ratkaisu, jossa taajuusalueetta ei ole jaettu osiin. Järjestelmän huonoihin puoliin kuuluvaa pumppausilmiön kuultavuutta on vaimennettu lisäämällä ketjuun taajuuskorjauspiirit (korkeita taajuuksia korostetaan äänittäessä ja vaimennetaan toistettaessa). Järjestelmät olivat takavuosina Suomessa varsin yleisiä johtuen osaltaan siitä, että niiden hinnat olivat olennaisesti Dolby A:ta halvemmat.

dbx-järjestelmiä on kahta tyyppiä: Type 1 ja Type 2. Ykköstyypin laitteet ovat "alkuperäisiä" dbx-versioita, jotka on alun alkaen tarkoitettu käytettäväksi ammattitason avokelanauhureiden yhteydessä. Varsin pian niitä alettiin kuitenkin soveltaa myös kevyempiin äänityslaitteisiin (kuten kasettinauhureiden ja videonauhureiden ääniraidan kohinan vaimentamiseen). Tällöin pumppausilmiö tuli häiritseväksi, koska äänityslaitteiden signaali-kohinasuhde oli huonompi kuin ammattilaitteissa. Ongelman ratkaisemiseksi kehitettiin Type 2, jossa taajuuskorjauskäyrän muotoa muutettiin.

#### **6.2.2.6 HI-COM ja TELCOM**

HI-COM ja TELCOM ovat Suomessa harvinaisempia kompanderiperiaatteella toimivia kohinanvaimennusjärjestelmiä. TELCOM:in käyttö on kuitenkin Yleisradiossa vakiintunut.

### 6.2.3 Kohinanvaimennusjärjestelmien vertailu

Valmistajat ovat ilmoittaneet signaali.kohinasuhteita omille järjestelmilleen seuraavasti:

- Dolby A            75 dB
- dbx Type 1        107 dB
- TELCOM C4        115 dB
- Dolby SR           90...95 dB

Ammattikäyttöön tarkoitetun 2-raitanauhurin signaali-kohinasuhde on ilman kohinanvaimennusta nopeudella 38 cm/s tyypillisesti noin 65...70 dB. Moniraitanauhureilla arvo on vastaavasti 63...66 dB.