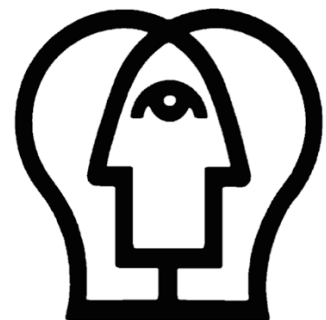


Perceptuella skillnader mellan upplevt trötta och pigga röster

Perceptual differences between voices that were perceived as sounding tired or alert

Christine Karlsson

Handledare: Henrik Nordström
VETENSKAPLIG UNDERSÖKNING, PSYKOLOGI III, HT 2017



STOCKHOLMS UNIVERSITET
PSYKOLOGISKA INSTITUTIONEN

PERCEPTUELLA SKILLNADER MELLAN UPPLEVT TRÖTTA OCH PIGGA RÖSTER

Christine Karlsson

Sömnbriest påverkar människor fysiologiskt, kognitivt och emotionellt och kan innebära risker. Röstanalys är ett tänkbart sätt att identifiera sömnbriest, då forskning tyder på att även rösten påverkas. Syftet var att undersöka perceptuella kvaliteter hos röster som tidigare bedömts låta trötta, för att utröna hur dessa upplevs och utöka kunskap inom området. Fyrtiofyra deltagare skattade 12 röstkvaliteter hos upplevt trötta och pigga röster. Resultatet visade att röster som låter trötta upplevs mjukare, skrovligare, tunnare, svagare, har lägre och mindre varierande tonhöjd, har mer onaturlig rytm, gör fler misstag, har mindre hastighetsvariation, pratar långsammare, artikulerar sämre och har mindre inlevelse. Störst skillnader erhöles för prosodiska röstkvaliteter vilket föreslogs indikera att dessa kan ha större betydelse vid mänsklig tolkning av trötthet. Slutsatsen var att upplevt trötta röster upplevs annorlunda än pigga. Försök att detektera sömnbriest i röster föreslogs använda individuell jämförelse med utvilad röst som grund, samt kombinera akustiska och prosodiska mätmetoder.

Att inte få tillräckligt med sömn har fysiologiska, kognitiva och emotionella effekter på människor och kan även utgöra en risk i samhället i form av olyckor, exempelvis i trafik och på arbetsplatser (Killgore, 2010; Dinges, 1995). Försök att utveckla teknik som upptäcker och varnar vid sömnbriest har gjorts men nuvarande metoder är inte optimala (Krajweski, Trutschel, Golz, Sommer & Edwards, 2009). En tänkbar lösning föreslås vara att genom akustiska mätningar i realtid kunna avgöra när en person är för påverkad av sömnbriest för att till exempel köra bil. Medan mycket forskning har gjorts gällande kognitiva effekter av sömnbriest har relativt lite forskning gjorts som undersöker påverkan av sömnbriest på talet och rösten. Föreliggande studie avsåg att undersöka vilka röstkvaliteter som perceptuellt tolkas av lyssnare som tecken på trötthet, för att tillföra information till vilka röstegenskaper som bör prioriteras vid utveckling av akustiska eller prosodiska mätinstrument. Sömnbriest definierades i föreliggande studie som att berövas sin nattsömn och för att benämna effekten av sömnbriest användes begreppet trötthet, här begränsat till att beskriva konsekvenser av sömnbriest.

I dagens samhälle är allt fler människor uppkopplade mot omvärlden och arbetet slutar inte automatiskt när man lämnar sin arbetsplats. Teknik gör det möjligt att när som helst på dygnet konsumera media och kommunicera med andra på ett sätt som kan störa sömnen (Lemola, Perkinson-Gloor, Brand, Dewald-Kaufmann & Grob, 2015). Trots lagstiftning kring arbetstidsbegränsning finns yrken där människor utsätts för långa arbetspass med monotona arbetsuppgifter, exempelvis inom vården, industri och transport, vilket kan hindra fullgod sömn (Dinges, 1995). De flesta har någon gång stannat uppe för länge och dagen därpå tvingat sig till uppgifter de i själva verket inte var i skick att utföra. I vissa fall är dessa uppgifter mer riskfyllda, för individen men även för dennes omgivning.

Sömnbriist påverkar människor på många sätt. Bland annat påverkas ämnesomsättning och immunförsvar (Banks & Dinges, 2007), uppmärksamhet, minne och inläring (Killgore, 2010). Även sociala förmågor som empati och att korrekt läsa av andra människors känslor påverkas negativt (Killgore, 2010; Sundelin, 2015) och sömnbriist leder till minskning av positiva emotionella uttryck och ökning av negativa sådana (McGlinchey et al., 2015). Muskelspänning, kroppstemperatur och andning påverkas (Krajewski, Wieland & Batliner, 2008) och personer med sömnbriist ser tröttare, sjukare och mindre attraktiva ut (Sundelin, 2015). Sömnbriist orsakar även kognitiva förändringar, däribland negativt påverkad planering, kreativitet och originalitet (Horne, 1993). Prestation försämras, bland annat i form av sämre precision och korttidsminne. Handlingar utförs saktare, exempelvis genom långsammare informationsprocessande och längre reaktionstider, vilket också är en möjlig förklaring till att sömnbriist orsakar olyckor (Dinges, 1995).

Särskilt sårbara är människor för effekter av sömnbriist i situationer då vaksamheten behöver upprätthållas under längre perioder och många av de olyckor på arbetsplatser och i trafiken som härrörs till mänsklig oaktsamhet kan i själva verket vara sömnbriistrelaterade (Dinges 1995). Cirka 20 % av olyckor tros bero på trötthet, både i biltrafik (Horne & Reyner, 2001) och bland incidenter som rapporteras hos piloter och flygledning (Schuller et al., 2014). Dock kan mörkertalet vara stort eftersom det saknas objektiva mätinstrument för att detektera trötthet, och utredare av olyckor får istället förlita sig på information som förarens utseende och självrapporter gällande till exempel hur länge bilföraren har varit vaken eller suttit bakom ratten (Verster, Raillard, Sagaspe, Olivier & Philip, 2011).

Rösten som indikator på trötthet

Ett sätt att begränsa sömnbriistrelaterade risker är hitta en metod som objektivt och effektivt mäter människors grad av trötthet. De mätinstrument som hittills tagits fram är bristfälliga. Videobaserade instrument är känsliga för variation i ljusförhållanden och yttre attribut hos personen som mäts, och instrument som använder elektroder gör att mätningen begränsas på grund av användningssvårigheter och brister i bekvämlighet och hållbarhet (Krajewski et al., 2009b). Studier gällande följderna av sömnbriist på rösten och talet kan potentiellt leda till metoder för att detektera när individer är för trötta för sitt eget och omgivningens bästa. Aktuell teknik har redan möjlighet att avlyssna sin omgivning och detektera kommandon från specifika talare, varför det anses rimligt att tekniska framsteg skulle kunna generera mobila mätinstrument som regelbundet screenar och varnar för trötthet. Befintliga akustiska mätmetoder har dock lång väg kvar att utvecklas (Krajewski, Batliner och Golz, 2009a) och mer forskning behövs på området.

Tidigare studier har varit begränsade i storlek, röstmaterial, stimuli och deltagare och resultat har delvis varit motsägelsefulla. Dock hittas även vissa återkommande fynd. Talproduktion beskrivs av Krajewski et al. som en både kognitiv och fysisk process och paralingvistiska språkegenskaper föreslås därför påverkas av en rad förändringar orsakade av sömnbriist (2009b).

Kognitiva förändringar som kan påverka rösten

Krajewski et al. menar att planering av talet försämras vid sömnbriist (2008) och Krajewski, Schnieder, Sommer, Batliner och Schuller nämner kognitiva, perceptuella och

psykomotoriska faktorer som kan medföra språkförändringar vid sömnbrist. Författarna beskriver hur samtliga steg i talproduktionen påverkas negativt; från intentionen att kommunicera skapas idéer som genom minnet omvandlas till språk, varpå motoriska muskelprogram aktiveras och andning, fonation och artikulering sker genom signaler och feedbackloopar. Minskad kognitiv hastighet kan leda till försämrade språkplanering och att motoriska koordinationsprocesser saktar ner sändningen av neuromuskulära signaler och därmed också hastigheten i artikulationsprocessen (2012).

Bland de tidigaste fynden gällande påverkan av sömnbrist i tal fann Morris, Williams och Lubin (1960) perceptuellt en onaturlig rytm i form av oväntade pauser. Personer talade även långsammare, mjukare och mindre tydlig vid sömnbrist. Även variation i volym och tonhöjd saknades, vilket orsakade att rösten lät ”platt”.

Vidare fann Morris et al. ett svamlande tal, vaghet, repetition, abrupta ämnesbyten, avbrutna resonemang, felaktigt uttal, uteslutande av stavelser och hopblandning av ord. Talarna rättade sig mindre och talarnas intention att bli förstådda verkade minska ju längre tid de hölls vakna (1960). Liknande sömnbristrelaterade språkfynd, som även ses vid nedsättning i prefrontala cortex, nämns av Horne (1993). Författaren beskriver minskad artikulation, tecken på aprosodi (minskad intonation, språkmelodi och röstvariabilitet, dvs tonhöjdsvariation) och minskad affekt, vilket leder till en mer monoton röst, samt ett tal som uppvisar mindre originalitet och färre ord.

Även Harrison och Horne fann minskat ordflöde som ett uttryck för kognitiv påverkan av sömnbrist och beskrev hur talare fastnade i semantiska kategorier i ett ordproduktionstest, som kan påverkas av långtidsminnets funktion (1997). Också denna studie beskrev minskad förmåga att uttrycka sig korrekt och minskad intonation, som författarna tillskrev minskat engagemang hos talaren. Fynden bekräftas av Krajewski et al. som menar att ambitionen att kommunicera är en av de saker som kan påverkas negativt vid sömnbrist. (2012)

Fysiologiska förändringar som kan påverka rösten

Krajewski et al. beskriver även fysiologiska följder av sömnbrist som kan påverka tal och röstegenskaper. Minskad muskelspänning påverkar ansiktsuttryck och artikulation, ger ett mer avslappnat svalg och mjukare väggar i talapparaten, samt påverkar stämbandets spänning och viskoelasticitet (2008). Vidare beskrivs hur sänkt kroppstemperatur kan påverka luftfriktion och försämma det laminära flödet, vilket innebär att luften som flödar i talapparaten blir mer turbulent. Långsammare och ytligare andning leder till lägre subglottalt tryck, vilket också påverkar rösten (Greeley et al., 2007, Krajewski et al., 2008). Samtliga dessa förändringar kan leda till att röstens kvalitet påverkas.

Enligt Krajewski et al. (2008) kan dessa fysiologiska förändringar leda till att personer med sömnbrist talar med lägre tonhöjd (mätt i fundamental frekvens, förkortad F0), lägre intensitet (uppfattas som styrka eller volym), sämre artikulatorisk precision och lägre artikulationshastighet. Talet blir långsammare (Krajewski et al., 2009b) och röstens övertoner, även kallade formanter F1, F2 och F3, påverkas vilket minskar röstens klang (Yan, Ng, Man & To, 2013). Liknande fynd har gjorts av McGlinchey et al.; en röst med sömnbrist uppvisar lägre F0 och minskad intensitet vid akustiska mätningar (2011). I studien noterades även minskad skarphet i rösten, vilket innebär att rösten upplevs som

mjukare. Skarphet relateras akustiskt till mer energi i höga frekvensband i rösten och mäts med exempelvis Hammarbergs Index (HI) (Eyben et al., 2016).

Bagnall, Dorrian & Fletcher fann perceptuella skillnader i röster gällande skrovlighet (översatt från roughness) och klang (översatt från brilliance) samt trötthet. Röster med sömnbrist uppfattades av lyssnare som tränats i röstbedömning som mer skrovliga, mindre klangfylld (tunnare) och mer trötta. Vid akustisk mätning av F0 fann även dessa författare att denna var lägre vid sömnbrist och dessa fynd knöts till förändringar i talapparatens muskulatur (2011). Dock redogör Bagnall för svårigheter med att detektera akustiska störningar i rösten som motsvarar perceptuella fynd gällande skrovlighet, som vanligtvis mäts med bland annat jitter (2007).

Cho, Yin, Park och Park (2011) undersökte vilka faktorer bland självskattningsskalor, perceptuella kvaliteter och akustiska egenskaper som indikerar sömnbrist i röster. Skattning av GRBAS-skalan (Grade, roughness, breathiness, asthenia & strain), en skala som används inom röstdiagnostik, visade att skattningar gjorda av kliniskt tränade specialister inte uppvisade skillnader i relation till självrapporterad trötthet hos talaren. Fynd gällande akustiska egenskaper skiljde sig mellan könen på så vis att flera skillnader identifierades hos män men inte hos kvinnor, och det enda måttet på sömnrelaterade röstförändringar som visade skillnad för samtliga talare var självrapporterat.

Trötthetsdetektering

Krajewski et al. fann att deras akustiska röstanalysprogram diskriminerade 70 % av okända röster till korrekt klassifikation för en kritisk gräns för trötthet, som tagits fram med hjälp av en subjektiv trötthetsskala. I programmet undersöktes ett mycket stort antal akustiska egenskaper, dock betonades betydelsen av formanter, F0 och olika durationsegenskaper för resultatet (2009a). Resultatet erhöles dock i experimentell laboriemiljö och författarna efterlyser att metoden testas i naturliga talsammanhang.

Fynd gällande huruvida människor perceptuellt kan urskilja om talare har sömnbrist eller inte skiljer sig åt. Harrison och Horne såg att lyssnare kunde märka skillnad i trötthet mellan röster med och utan sömnbrist från en inspelning av en saga (1997) och Bagnall et al. fann att lyssnare utan träning kunde höra skillnad i trötthet hos röster med sömnbrist (2011). Sandøy fann däremot att otränade lyssnare inte kunde skilja mellan talare som sovit och talare som hållits vakna under 31 timmar, vid frågan ”Har personen sömnbrist?”. Lyssnarna fick svara antingen ja eller nej, varpå d’ (ett mått för lyssnarnas sensitivitet) beräknades för varje deltagare, grundat på korrekta och inkorrekta svarsträffar. Resultatet visade att ingen skillnad kunde höras mellan röster med sömnbrist och utvilade röster. Vidare fann Sandøy att F0, duration (talets varaktighet) och variation i röststyrka var akustiska egenskaper som predicerade andel korrekta träffar i sömnbristbedömning bland deltagarna (2017). Detta stärker fynd av Krajewski et al. (2009a) där F0 och duration nämns som trötthetsindikatorer. Sandöys resultat bekräftar svårigheten för lyssnare att detektera trötthet i röster, vilket ytterligare motiverar framtagandet av tekniska hjälpmedel.

Trots att lyssnare inte kunde identifiera korrekt sömnbetingelse hos talarna bedömdes vissa röster i Sandöys studie låta trötta respektive pigga av en majoritet av lyssnarna. Bland de röster som bedömdes ha sömnbrist (i föreliggande studie kallade ”trötta” röster)

fanns talare från båda sömnbetingelserna, med och utan sömnbrist, och så var även fallet med röster som bedömdes vara utvilade (här kallade ”pigga” röster) (2017).

För att utröna vilka röstliga kvaliteter och akustiska egenskaper som är bäst lämpade för trötthetsdetektering krävs forskning som identifierar vilka av dessa egenskaper som ger mest valida och reliabla indikationer på trötthet. Ett steg i detta är att undersöka vilka röstkvaliteter som kan uppfattas av lyssnare och eventuellt kan påverkas av andra faktorer än sömnbrist, men som ändå påverkar rösten på sätt som får den att uppfattas som trött av otränade lyssnare.

Då lyssnare inte kunnat höra skillnad mellan talare med olika sömnbetingelser, men där vissa röster ändå bedömts konsekvent av lyssnarna som trötta eller pigga (Sandøy, 2017), antogs att de röster som lyssnarna var mest överens om har något gemensamt som får dem att låta på ett sätt som tillskrivs trötthet. Föreliggande studies syfte var att undersöka hur upplevt trötta röster perceptuellt skiljer sig från röster som upplevts pigga, för att på så vis kunna beskriva hur lyssnare upplever trötta röster. Frågeställningen var att om en person låter trött, vad är det i rösten som gör att hen låter trött, med andra ord vilka kvaliteter i rösten tolkas av lyssnare som tecken på trötthet?

Då det finns beskrivna effekter av sömnbrist på rösten antogs att dessa effekter kan urskiljas av lyssnare och även tolkas av lyssnare som tecken på trötthet. Därför antogs att en röst som uppfattas som trött också uppfattas låta som röster som verkligen har sömnbrist, och hypoteser grundades utifrån detta på följande sätt:

Talkkvalitet

En röst som låter trött upplevs som...

1. Mjukare (mindre skarpa)
2. Skrovligare
3. Tunnare (mindre klangfull)
4. Svagare (lägre volym)
5. Mörkare (lägre tonhöjd)
6. Mer entonig (mindre tonhöjdsvariation)

Prosodi

En talare som låter trött upplevs...

7. Staka sig mer, ha mindre flyt
8. Göra fler misstag
9. Ha mindre hastighetsvariation
10. Tala långsammare
11. Artikulerar sämre (sluddrar mer)
12. Ha mindre inlevelse

Vidare ställdes i kontrollsyfte hypoteser upp gällande undersökta röstkvaliteters korrelation med respektive akustiska motsvarighet på följande sätt; Skarphet korrelerar negativt med Hammarbergs index, skrovlighet korrelerar med jitter, volym korrelerar med loudness-medelvärde, tonhöjd korrelerar med F0-medelvärde, tonhöjdsvariation korrelerar med F0-standardavvikelse, hastighet korrelerar negativt med varaktighet/duration. I explorativt syfte korrelerades inlevelse med volymvariation, mätt i loudness-standardavvikelse, och klang korrelerades med en av formanternas amplitudmedelvärde, F3. Korrelationerna undersöktes för att se hur väl de skattade röstkvaliteterna och de akustiska egenskaperna överensstämmer, då tidigare studier beskrivit svårigheter att koppla samman perception och akustik (Bagnall, 2007).

Metod

Undersökningsdeltagare

Deltagarna rekryterades genom affischer på Stockholms universitetsbibliotek 21-24 november 2017 och datainsamling skedde samma datum i bibliotekets tysta lärum. Som tack för medverkan erbjöds en biobiljett. Totalt deltog 44 respondenter mellan 19 och 60 år, $M = 27,09$ år, $SD = 8,80$ år. 23 av deltagarna identifierade sig som kvinnor, 20 som män och 1 deltagare identifierade sig som övrigt. Krav för att delta i experimentet var att deltagaren svarade ja på frågorna ”Talar du svenska?” och ”Har du normal hörsel?”

Apparatur och material

Två laptops (PC) och två par closed-back stereohörlurar av märket Philips (SHP2600/27) användes vid datainsamlingen. Ljudet kalibrerades så att volymen var konstant inställd på 50% av maxvolym på båda datorerna. För uppspelning av röster och insamling av data användes programmet Psychopy v1.85.4 (Pierce, 2007). För akustisk analys användes GeMaps (Eyben et al., 2016) och insamlad data analyserades i SPSS Statistics version 24. Frågor om röstkvaliteter, svarsskalor baserade på VAS-skalor (visual analog scale) samt svarsankare togs fram (Tabell 1). Varje svarsskala visades under efterfrågad röstkvalitet och presenterades som en ograderad, horisontell linje med ett svarsankare på varje sida om linjen.

Tabell 1. Frågor som ställdes till deltagarna om röstkvaliteter, tillsammans med ankare för de två ytterligheterna i svarsskalorna.

Frågor	Ankare på VAS-skalan
<i>Hur låter personens röst?</i>	
Skarphet	Mjuk - Skarp
Skrovlighet	Len - Skrovlig
Klang	Tunn - Fyllig
Volym	Svag - Stark
Tonhöjd	Låg/mörk - Hög/ljus
Tonhöjdsvariation	Entonig - Varierande
<i>Hur läser personen?</i>	
Rytm	Stakar sig - Bra flyt
Misstag	Inga misstag - Många misstag
Hastighetsvariation	Med konstant hastighet - Varierande hastighet
Hastighet	Långsamt - Snabbt
Artikulering	Otydligt (sluddrar) - Tydligt (artikulerar)
Inlevelse	Utan inlevelse - Med inlevelse

Framställning och val av stimuli

Som stimuli användes inspelningar av röster som tidigare använts i Sandöys studie gällande perceptuell trötthetsdetektering i röster (2017). Ljudfilerna hade ursprungligen gjorts i samband en experimentell sömnstudie där deltagarna randomiserats till att antingen sova hemma eller att hållas vakna under en natt i ett sömnlaboratorium (se Sundelin (2015) samt Sandöy (2017) för mer information om deltagare och datainsamling). Deltagarna med sömnbrist hölls vakna i snitt 31 timmar och hade natten

dessförinnan begränsats till 5 timmars nattsömn. Under natten och följande morgon hindrades deltagarna från att nyttja tobak och koffein, starkt ljus och hård fysisk ansträngning. Inspelning av ljudfilerna skedde mellan kl. 13:45 och 14:15 på eftermiddagen för samtliga. Texten som lästes var "Nordanvinden och Solen", en kort berättelse som ofta förekommer inom lingvistikforskning och språkpatologi på grund av dess stora språkliga variation (Hönig et al., 2014; Schuller et al., 2014). Talarna fick läsa igenom texten innan inspelningen påbörjades och inga instruktioner gavs om hur texten skulle läsas. M-audio ljudkort, en dynamisk mikrofon och en Nexus mikrofonförstärkare användes vid inspelningen. För Sandøy (2017) klipptes och volymnormaliserades ljudfilerna för att korrigera för skillnader orsakade av varierande avstånd mellan talare och mikrofon.

Från de 182 röster som användes i Sandøy (2017) valdes 40 röster ut till föreliggande studie. Dessa 40 röster valdes ut med hänsyn till tre faktorer. Första faktorn var hur rösten skattades av deltagarna i Sandöys studie, "trött" eller "pigga". Med hjälp av beräknad yes-rate (antal ja-svar) vid frågan "Har personen sömnbrist?" valdes 20 röster som fått höga poäng ("trötta röster") och 20 som fått låga poäng ("pigga röster"). Den andra faktorn var talarens sömnbetingelse, sömnbrist kontra utvilad. Eftersom lyssnarna i Sandøy (2017) inte kunde skilja mellan talare med och utan sömnbrist kunde lika många röster från varje sömnbetingelse väljas ut till "trötta" respektive "pigga" röster. Detta innebär att av de 40 rösterna lät 10 röster trötta och hade sömnbrist, 10 lät trötta men var utvilade, 10 lät pigga men hade sömnbrist och 10 lät pigga och var utvilade. Den tredje faktorn var talarens kön och varje betingelse utgjordes av hälften män och hälften kvinnor.

Procedur

Deltagarna informerades om att de skulle få höra personer läsa en kort historia och att deras uppgift var att skatta hur rösterna lät och hur personerna talade. Information gavs om att deltagandet var frivilligt och när som helst kunde avbrytas och att insamlad data skulle behandlas konfidentiellt, endast presenteras avidentifierat och enbart användas i forskningssyfte. Denna information fanns även tillgänglig skriftligt i samband med att deltagarna lämnade informerat samtycke och demografisk information (kön, ålder, språk och hörsel).

I en första övningsomgång spelades en exempelröst upp varpå försöksledaren gick igenom tekniska instruktioner samt de frågor som skulle besvaras och svarsankarna. Eventuella frågor från deltagarna besvarades. Några av orden hade i en mindre pilotstudie visat sig vara svårtolkade och dessa definierades därför för samtliga deltagare. Skrovlighet förklarades som raspig, knarrig, grov, översatt från engelskans 'rough'. Skarp förklarades som vass, på skarpen, bestämd, från engelskans 'sharp'. Klang förklarades som klingande, klangfull, att skådespelare och sångare generellt har bra klang i rösten, från engelskans 'ring of the voice' (Bagnall, 2007).

Egenskaperna som deltagarna skattade var uppdelade i två block med frågor om hur personen läste och hur personens röst lät (Tabell 1). Blocken visades i randomiserad ordning och egenskaperna randomiserades inom varje block. Varje fråga presenterades tillsammans med en svarsskala i form av en ograderad linje som visades horisontellt över skärmen mellan de två svarsankarna (Tabell 1). Deltagarna instruerades att ange var på skalan de tyckte att rösten passade in.

När en röst spelades var skärmen blank tills att deltagaren själv valde att visa frågorna. Deltagaren kunde visa eller dölja frågorna efter egen preferens. För att förhindra att deltagarna hastade sig genom experimentet infördes en tidsgräns vid 70% av ljudfilens längd som måste passera innan det var möjligt att spara sina skattningar genom att trycka på en knapp markerad Nästa, vilket påbörjade uppspelning av nästa röst. Om en deltagare inte hunnit göra alla skattningar innan historien var slut kunde deltagaren spela upp samma röst igen.

Deltagarna randomiserades till att höra antingen manliga eller kvinnliga röster. Detta gjordes eftersom vissa röstegenskaper, till exempel F0, kan skilja sig åt mellan könen. Genom att dela upp manliga och kvinnliga röster förhindrades att skillnader mellan rösterna vid jämförelse i följd förstärktes på grund av könsskillnad. Av denna anledning fanns två exempelröster för inledningen till experimentet, en manlig och en kvinnlig, som båda hade kontrollerats för alltför stora avvikelser i röst och tal för att motsvara varandra.

Datainsamlingen varade mellan 15,67 och 58,89 minuter ($M = 29,23$, $SD = 9,60$). Två datorer fanns i rummet och vissa deltagare genomförde experimentet samtidigt som en annan deltagare, experimentet utfördes dock alltid individuellt. Experimentledaren var oftast närvarande men lämnade ibland rummet för att rekrytera fler deltagare. När experimentet avslutats gavs information gällande studiens övergripande syfte.

Efter datainsamlingen fick deltagarna besvara hur väl ett antal påståenden överensstämde med hur de hade upplevt experimentet. Påståendena ("Jag kände mig motiverad, Jag kände mig uttråkad, Jag kände mig irriterad, Jag kände mig stressad, Jag försökte göra mitt bästa, Jag tappade koncentrationen") besvarades på samma slags VAS-skala som de övriga frågorna, men svarsskalans ankare utgjordes här av "Inte alls" och "Nästan hela tiden". Då hypoteser inte utformats gällande sömnbetingelse, könsskillnader eller deltagarnas upplevelse av experimentet utelämnades dessa aspekter från föreliggande studies analyser, då de främst införts på grund av föreliggande studies delaktighet i ett större forskningsprojekt.

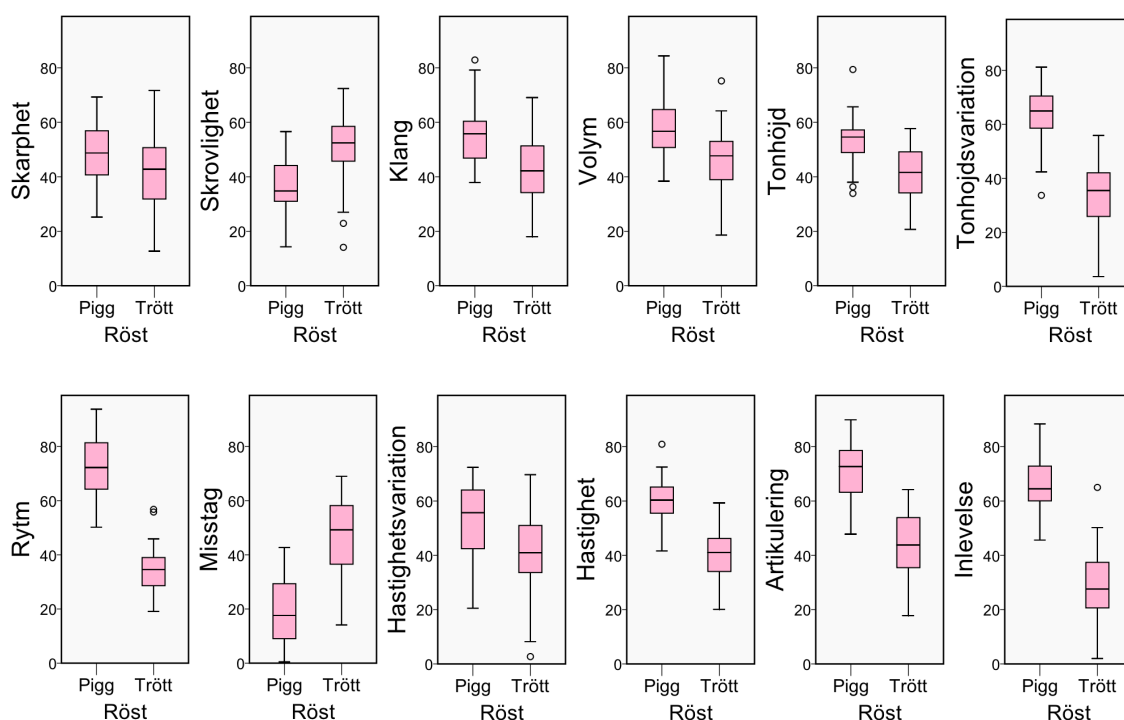
På grund av tekniskt fel tilläts slumpen orsaka att 27 deltagare fick höra kvinnliga röster och 17 fick höra manliga. Skattade röstkvaliteter standardiserades inte på grund av att detta skulle försvåra tolkningen genom att förvränga den svarsskala som deltagarna använt. Däremot z-transformerades de akustiska egenskaperna, eftersom detta inte försvårade tolkning i föreliggande studie utan istället tillät jämförelse genom att standardisera varje rösts egna skala.

Resultat

Perceptuella skillnader mellan trötta och pigga röster

Varje skattning erhöll ett värde mellan 1-100 utifrån var på svarsskalan svaret gavs. För varje skattad röstkvalitet beräknades varje deltagares medelvärde för trötta och pigga röster. Figur 1 visar dessa presenterade i boxplottar. Visuellt utlästes från resultatet att trötta röster av deltagarna uppfattades låta mindre skarpa (mjukare), mer skrovliga, mindre klangfulla (tunnare), svagare, ha lägre och mindre varierande tonhöjd, tala med

mindre naturlig rytm, göra fler misstag, ha mindre hastighetsvariation, prata långsammare, artikulera sämre och ha mindre inlevelse.



Figur 1. Boxplottar för deltagarnas medelvärdesbetygningar av upplevda röstkvaliteter för trötta och pigga röster. Boxplottarna representerar spridningen uppdelad i kvartiler där den färgade boxen representerar spridningens första och tredje kvartil, boxens mittlinje visar medianen av medelvärden och morrhåren visar 99,3 % av alla deltagares medelvärden. Outliers presenteras som cirklar utanför morrhåren.

T-test för beroende mätningar bekräftade de skillnader som konstaterades visuellt. Kritisk gräns för p-värdet korrigerades med bonferroni till 0,004 då totalt 12 beroende t-test genomförts, så att den totala alfa-nivån blev 0,05. Resultatet visade att samtliga skattade röstkvaliteters medelvärden skiljde sig signifikant mellan trötta och pigga röster (Tabell 2).

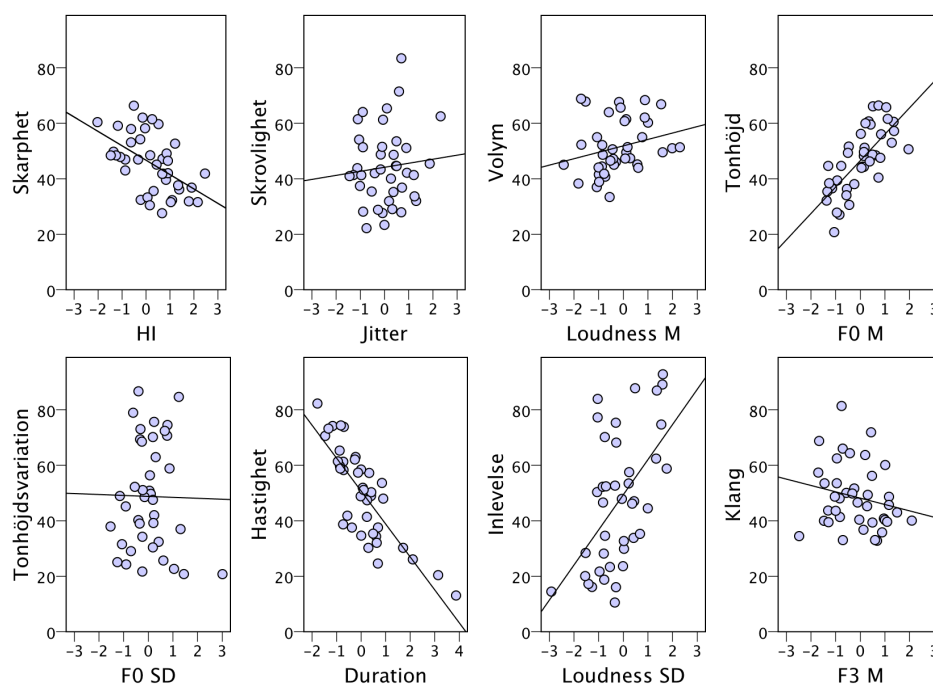
Tabell 2. Resultat av beroende t-test (tvåsidig prövning) där medelvärden (M) och standardavvikelser (SD) av skattningar för pigga respektive trötta röster, t-värde, p-värde och Cohen's d redovisas för samtliga undersökta röstkvaliteter.

Kvalitet	Skattningar				t	p	Cohens d
	Pigg röst		Trött röst				
	M	SD	M	SD			
Skarphet	48,68	11,88	41,62	13,28	3,21	,002	0,48
Skrovlighet	36,23	10,85	50,36	12,57	-7,52	,000	-1,13
Klang	55,03	10,39	42,51	11,87	5,98	,000	0,90

Kvalitet	Pigg röst		Trött röst		t	p	Cohens d
	M	SD	M	SD			
Volym	57,53	10,17	45,30	11,96	7,56	,000	1,14
Tonhöjd	53,19	8,21	41,10	9,35	7,58	,000	1,14
Tonhöjdsvariation	64,38	10,22	33,48	12,80	14,82	,000	2,23
Rytm	72,46	10,06	34,06	8,50	23,21	,000	3,50
Misstag	18,98	11,29	47,35	13,36	-17,92	,000	-2,70
Hastighetsvariation	52,92	13,01	40,37	13,97	3,97	,000	0,60
Hastighet	60,13	7,49	40,23	8,89	14,13	,000	2,13
Artikulering	70,95	10,89	44,24	12,44	11,92	,000	1,80
Inlevelse	66,28	10,39	28,73	12,64	19,04	,000	2,87

Relationen mellan perceptuella röstkvaliteter och akustiska mått

Figur 2 visar med scatterplots och regressionslinjer relationen mellan varje skattad röstkvalitet och dess motsvarande akustiska egenskap. Visuellt tolkades att röster med lägre Hammarbergs index upplevdes något mindre skarpa, röster med mer jitter upplevdes marginellt skrovligare, röster med hög akustisk volym lät något starkare, röster med högt F0 M lät ljusare, röster med hög F0 SD upplevdes däremot inte ha mer tonhöjdsvariation. Röster som talade med längre duration upplevdes tala långsammare, röster med hög volymvariation upplevdes ha mer inlevelse, och röster med högre F3 M lät något tunnare. Visuella fynd kontrollerades med korrelationer (Tabell 3).



Figur 2. Rösternas erhållna perceptuella skattningar i relation till respektive standardiserade akustiskt mått, visade i scatterplots och regressionslinjer. HI = Hammarbergs index, F0 = fundamental frekvens, F3 = tredje formantens amplitud, M = medelvärde och SD = standardavvikelse.

Tabell 3. Pearsons produktmomentkorrelationskoefficient mellan skattade röstkvaliteter och deras respektive akustiska motsvarighet samt p-värde (1-tailed). N = 40 för samtliga.

Perceptuell röstkvalitet	Akustisk egenskap	Persons r	p
Skarphet	Hammarbergs Index	-,528	,000
Skrovlighet	Jitter	,095	,281
Volym	Loudness M	,251	,059
Tonhöjd	F0 M	,718	,000
Tonhöjdsvariation	F0 SD	-,015	,464
Hastighet	Duration	-,814	,000
Inlevelse	Loudness SD	,539	,000
Klang	F3 M	-,203	,055

Diskussion

Syftet med studien var att undersöka hur röster som uppfattats ha sömnbrist (trötta röster) skiljer sig från röster som upplevs vara utvilade (pigga röster), för att kunna beskriva hur trötta röster upplevs. Samtliga hypoteser styrktes då signifikanta skillnader erhöles i beroende t-test mellan trötta och pigga röster för samtliga röstkvaliteter. Resultatet visade att röster som upplevs låta trötta upplevs mindre skarpa, mer skrovliga, tunnare, svagare, lägre och ha mindre tonhöjdsvariation. De upplevs tala med mindre naturlig rytm, göra fler misstag, ha mindre hastighetsvariation, tala långsammare, artikulera sämre och ha sämre inlevelse.

Många av de undersökta röstkvaliteterna erhöles mycket stor effektstyrka, mätt med Cohens d. Högst effektstyrka fanns för rytm på över 3, och tonhöjdsvariation, misstag, hastighet och inlevelse erhöles effektstyrka över 2. Effektstyrkor mellan 1 och 2 erhöles för skrovlighet, volym, tonhöjd och artikulering och de röstkvaliteter som uppvisade effektstyrka under 1 var klang, hastighetsvariation och allra lägst effektstyrka erhöles för skarphet, som vid 0,48 enligt Cohen kan uppfattas som medelstark. Dessa stora effekter kan förklaras av att stimuli begränsats till de mest extremt skattade rösterna från Sandöy (2017). Detta gjordes medvetet för att isolera de röster som tidigare lyssnare varit överens om, eftersom det är dessa skillnader som här undersöktes och ambitionen var att se dessa skillnader så tydligt som möjligt.

De röstkvaliteter som uppvisade störst skillnad mellan trötta och pigga röster var rytm, tonhöjdsvariation, antal misstag, hastighet och inlevelse. Dessa påverkas av förändringar i exempelvis läsförmåga, engagemang och prosodi hos talaren och detta kan kopplas till processen som beskrivs av Krajewski et al. (2012) där talproduktionskedjans sårbarhet för sömnbrist beskrivs. Bland annat nämns intention att kommunicera, kognitiv hastighet som påverkar språkplanering och motoriska processer som påverkar uttrycket i talet på ovanstående sätt. Tidigare fynd för röster med sömnbrist gällande rytm, hastighet, tonhöjdsvariation och inlevelse (Morris et al. 1960, Krajewski et al., 2009b) återfanns i föreliggande studies resultat som utmärkande drag hos upplevt trötta röster. Detta gällde även för fysiologiskt förklarade röstkvaliteter som skrovlighet, volym, tonhöjd,

artikulering och klang, som uppvisade hög effektstyrka på över 1 (Bagnall et al., 2007; Krajewski et al., 2008; McGlinchey et al., 2011). Därigenom stöddes antagandet att de skillnader i röster som orsakas av sömnbrist också återfinns i tolkning av trötthet, på så vis att en röst som uppfattas låta trött uppvisar egenskaper som röster med sömnbrist kan antas uppvisa.

En möjlig tolkning av skillnaden i effektstyrkor är att de egenskaper som främst har betydelse för mänsklig tolkning av trötthet i röster är de som erhöll högst effektstyrkor. Detta kan indikera att prosodiska och språkliga egenskaper såsom rytm, tonhöjdsvariation, misstag, hastighet och inlevelse i större grad har betydelse för lyssnare vid skattning av trötthet än mer röstrelaterade egenskaper som exempelvis skarphet och klang. Dock erhölls signifikanta skillnader för samtliga egenskaper, vilket innebär att de alla gick att urskilja perceptuellt och därför bör ses som potentiellt betydelsefulla vid mänsklig tolkning av trötthet.

De olika stora skillnaderna som erhölls kan dessutom tolkas på flera sätt. Ett möjligt synsätt är att det finns objektiva skillnader i röstmaterialet som återspeglas i deltagarnas skattningar. En annan tolkning är att vissa röstkvaliteter är lättare att perceptuellt uppfatta än andra. Exempelvis skulle rytm, intonation, hastighet och artikulation kunna kopplas till social bedömning av andra människor då dessa röstkvaliteter kan indikera exempelvis kognitiv nedsättning (Horne, 1993), sjukdom eller asocialt beteende. Att snabbt läsa av omgivande människors intention och emotionella tillstånd görs sannolikt bland annat genom att läsa av deras röster och tal, även om detta kan ske mer eller mindre omedvetet. Därför är det tänkbart att människor har mer vana och färdighet i att detektera sådana röstkvaliteter som återfinns vid kognitiv nedsättning, fysisk sjukdom eller bristande engagemang hos talare, än röstegenskaper som kan antas vara mindre laddade vid social bedömning. De perceptuella skillnader som noterades av Bagnall et al. gällande skrovlighet och klang erhölls med tränade lyssnare som tillåtits öva på bedömning av dessa kvaliteter (2007; 2011). Möjligtvis hade träning hos deltagarna kunnat påverka föreliggande studies resultat gällande bedömning av vissa röstkvaliteter.

En faktor som kan ha påverkat resultatet är att stimuli utgjordes av en för de flesta obekant, uppläst text till skillnad från exempelvis fritt tal. Medan 'Nordanvinden och solen' är lämplig för akustisk analys på grund av dess rika innehåll av språkljud kan texten vara svårläst och onaturlig för talarna, vilket kan påverka hur den läses och därmed hur talarna uppfattas. Detta kan ha gjort att deltagarna i föreliggande studie gav en överdriven vikt till prosodiska egenskaper (det vill säga på vilket sätt talaren läste texten) jämfört med de röstliga egenskaperna.

Ytterligare en faktor som kan ha påverkat resultat är talarnas tillstånd som är orelaterat till trötthet och sömnbrist, däribland motivation. Detta innebär också en möjlig försvårande faktor vid trötthetsdetektion. Temporära tillstånd hos talaren i form av exempelvis ökad arousal eller gott humör kan potentiellt dölja sömnbrist, och nedsättning kan signalera falsk sådan, vilket ger en tänkbar förklaring till Sandöys resultat (2017). Exempelvis nämns skillnader orsakade av den cirkadianska rytmen, som anses påverka kognition och fysik och öka prestation vid de tider på dygnet då människor är mest aktiva (Greeley et al., 2007). Då röstinspelningarna gjordes mitt på eftermiddagen, en tid då människor vanligtvis är vakna, kan detta ha orsakat att talarnas trötthet tillfälligt lättades.

Utöver temporära tillstånd skulle individuella, konstanta röstskillnader kunna antas påverka trötthetsdetektion både perceptuellt och vid akustiska mätningar. Varje talare kan antas ha en egen referenspunkt eller grund för hur dennes röst låter i neutralt tillstånd. Röster kan antas skilja sig åt i grunden och i utvilat tillstånd uppvisa olika mycket av typiskt ”trötta” röstkvaliteter. Detta innebär att varje rösts individuella läge från början är olika, på så sätt att vissa röster är mer skrovliga än andra i sitt neutrala läge, vissa personer pratar långsammare än andra, och vissa människor talar med mer tonhöjdsvariation oavsett trötthet, och så vidare. I och med detta föreslås framtida studier undersöka mer individuella bedömningsmetoder som utgår från talarens personliga röstläge och detekterar avvikelser från detta som kan kopplas till sömnbrist.

Hypoteserna gällande korrelation mellan röstkvaliteter och akustiska egenskaper fick stöd för tonhöjd och hastighet, där starka, signifikanta korrelationer observerades, samt för skarphet och inlevelse, även dessa signifikanta och medelstarka. Svaga och icke-signifikanta korrelationer erhöles för volym, klang, skrovlighet och tonhöjdsvariation, vilkas hypoteser därmed inte stöddes. Dessutom observerades visuellt stor spridning av värden i scatterplots för skrovlighet, volym och klang samt mycket stor spridning för tonhöjdsvariation och inlevelse, vilket indikerar stora residualer och en låg möjlighet att predicera perceptuell skattning ur akustisk egenskap.

De låga korrelationer som erhöles mellan röstkvaliteter och respektive akustisk motsvarighet kan exempelvis tillskrivas en dålig matchning mellan röstkvalitet och akustisk egenskap. Dessa röstkvaliteter kan antas ha en annan mer lämplig akustisk motsvarighet än de som här undersökts. Fyndet stöder tidigare konstaterade svårigheter att korrekt para ihop röstkvalitet med akustisk egenskap (Bagnall, 2007). Ännu en tänkbar förklaring är att de semantiska operationaliseringarna av röstegenskaperna var otydliga, vilket kan ha orsakat förvirring hos deltagarna om vilken röstkvalitet som berördes. På så vis kan operationella brister i både validitet och reliabilitet ha orsakat låga korrelationer i föreliggande studie.

Även VAS-skalornas ankare, som infördes som hjälp till deltagarna, kan ha påverkat hur bedömningen gjordes på ett icke önskvärt sätt. En standardisering av de perceptuella röstkvaliteternas värden skulle ha kontrollerat för detta något men detta valdes bort då det riskerade att göra resultatet mer svårtolkat.

En ytterligare begränsning i föreliggande studie är valet av stimuli till de mest extremt bedömda rösterna från tidigare studie. Detta är problematiskt då det innebär en risk för ett överdrivet, förenklat resultat och att mer nyanserad information går förlorad, vilket innebär att resultatet måste tolkas med stor försiktighet. Pilotstudier hade kunnat indikera höga effektstyrkor och tillåtit att ett mer varierat stimuli inkluderats, vilket hade ökat den ekologiska validiteten. Med hänsyn till föreliggande studies omfattning och syfte prioriterades dock att undersöka de perceptuella skillnader som finns mellan de mest trötta och de mest pigga rösterna så tydligt som möjligt.

En styrka med föreliggande studie var att den utformats till att isolera aktuell frågeställning, vilket gav ett tydligt resultat. Samtidigt fanns explorativ bredd då många röstkvaliteter undersöktes. Även korrelationerna som utfördes i kontrollsyfte innebär en styrka då de indikerar en öppenhet för operationella brister. Deltagarna var blinda för

studiens äkta syfte och därmed rösternas sömnbetingelse och tidigare upplevda trötthetsskattningar vid datainsamlingen. På så vis eliminerades risken att deltagarnas svar färgats av deras uppfattning om hur trötthet kan påverka rösten.

Föreliggande studies slutsats var att upplevt trötta och pigga röster upplevs olika. Dessa olikheter har beskrivits både i form av skattningar och korrelationer med akustiska mått, och denna beskrivning överensstämmer med de hypoteser som härleddes från tidigare forskning. Medan olikheterna i studiens resultat är en tänkbar förklaring till varför rösterna tolkats som trötta kontra pigga oavsett sömnbetingelse i tidigare studie förklarar föreliggande studie inte orsaken till olikheterna i skattningarna. Resultatet bidrar till kunskap inom området då det belyser att mänsklig tolkning av trötthet kan knytas till egenskaper i tal och röst som kan ha andra orsaker än sömnbrist, och detta bör tas hänsyn till vid utformning av tekniska trötthetsdetektorer.

Framtida forskning föreslås utöka föreliggande studie genom ett mer varierat och större urval av stimuli, där röster från hela upplevda trötthetsspektrumet finns representerade vid skattning av röstkvaliteter. Fler talbetingelser förutom högläsning föreslås, liksom kompletterande mått på talarens trötthet och allmänna tillstånd, exempelvis genom självrapporter och kognitiva mätningar. Kontrollerade sömnstudier med inomindividdesign för sömnbetingelse såväl som röstskattningar kan ge en mer kontrollerad akustisk analys och skulle möjliggöra att varje talare erhölet en differens för varje skattad röstkvalitet för bedömningar med och utan sömnbrist, för att på så vis kunna undersöka trötthetsdetektering utifrån jämförelse med den neutrala rösten som referenspunkt eller grund. Andra mått för trötthetsdetektering än dikotoma ja- eller nej-alternativ kan potentiellt ge lyssnare möjlighet att nyansera eventuell osäkerhet, exempelvis genom att efterfråga hur trött en talare låter på en skala. Detta skulle i sin tur tillåta andra analysmetoder. Vidare föreslås jämförelser mellan flera faktorer vid analys av röstkvaliteter, såsom exempelvis hur trött rösten upplevs, talarens faktiska sömnbetingelse, talarens kön och lyssnarens kön, då detta kan bidra till rikare information om hur röstkvaliteter och tolkning av trötthet relaterar till varandra.

Pilotstudier föreslås kunna identifiera mest lämpliga benämningar av undersökta röstkvaliteter och deras ankare och för ökad reliabilitet föreslås uttryck och frågor kontrolleras mot översättningar från andra språk och testas för innehållsvaliditet. Framtida studier föreslås även korrelera fler akustiska egenskaper med de perceptuella röstkvaliteter som mättes i föreliggande studie, för att därigenom identifiera bättre akustiska motsvarigheter, då det finns en stor mängd mätbara akustiska egenskaper (Eyben et al., 2015).

Röster förefaller känsliga för yttre och inre påverkan hos människor men trots detta verkar röstbaserad tolkning av egenskaper och tillstånd vara svårt. Forskning gällande hur röstkvalitet och prosodi upplevs och tolkas perceptuellt kan identifiera relevanta såväl som störande faktorer i rösten vid försök till trötthetsdetektering, och denna information kan vara användbar vid framtagandet av tekniska hjälpmedel för trötthetsdetektion. Jämförelse med den egna neutrala rösten som grund föreslås, såväl som en kombination av olika analysmetoder, då exempelvis analys av röstens akustiska egenskaper kombinerat med språkbaserad, prosodisk detektion potentiellt erhåller större träffsäkerhet.

Referenser

- Bagnall, A. D. (2007). *The impact of fatigue on the voice*. Opublicerad doktorsavhandling, University of South Australia.
- Bagnall, A. D., Dorrian, J., & Fletcher, A. (2011). Some vocal consequences of sleep deprivation and the possibility of “fatigue proofing” the voice with voicecraft® voice training. *Journal of Voice*, 25(4), 447-461. doi:http://dx.doi.org.ezp.sub.su.se/10.1016/j.jvoice.2010.10.020
- Banks, S., & Dinges, D. F. (2007). Behavioral and physiological consequences of sleep restriction. *Journal of clinical sleep medicine: JCSM: official publication of the American Academy of Sleep Medicine*, 3(5), 519-528.
- Cho, S., Yin, C. S., Park, Y., & Park, Y. (2011). Differences in self-rated, perceived, and acoustic voice qualities between high- and low-fatigue groups. *Journal of Voice*, 25(5), 544-552. doi:http://dx.doi.org.ezp.sub.su.se/10.1016/j.jvoice.2010.07.006
- Dinges, D. F. (1995). An overview of sleepiness and accidents. *Journal of Sleep Research*, 4, 4-14. doi:10.1111/j.1365-2869.1995.tb00220.x
- Eyben, F., Scherer, K. R., Schuller, B. W., Sundberg, J., André, E., Busso, C., et al. (2016). The Geneva minimalistic acoustic parameter set (GeMAPS) for voice research and affective computing. *IEEE Transactions on Affective Computing*, 7(2), 190-202.
- Greeley, H. P., Berg, J., Friets, E., Wilson, J., Greenough, G., Picone, J., et al. (2007). Fatigue estimation using voice analysis. *Behavior Research Methods*, 39, 610-619.
- Harrison, Y., & Horne, J. A. (1997). Sleep deprivation affects speech. *Sleep: Journal of Sleep Research & Sleep Medicine*, 20(10), 871-877. doi:http://dx.doi.org.ezp.sub.su.se/10.1093/sleep/20.10.871
- Horne, J. A. (1993). Human sleep, sleep loss and behaviour: Implications for the prefrontal cortex and psychiatric disorder. *The British Journal of Psychiatry*, 162, 413-419.
- Horne, J., & Reyner, L. (2001). Sleep-related vehicle accidents: Some guides for road safety policies. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 4(1), 63-74. doi:http://dx.doi.org.ezp.sub.su.se/10.1016/S1369-8478(01)00014-6
- Hönig, F., Batliner, A., Booklet, T., Stemmer, G., Noth, E., Schnieder, S., et al. (2014, May). Are men more sleepy than women or does it only look like—Automatic analysis of sleepy speech. In *Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), 2014 IEEE International Conference on* (995-999). IEEE.
- Killgore, W. D. (2010). Effects of sleep deprivation on cognition. *Progress in Brain Research*, 185, 105-129.
- Krajewski, J., Wieland, R., & Batliner, A. (2008). An acoustic framework for detecting fatigue in speech based Human-Computer-Interaction. *Computers Helping People with Special Needs*, 54-61. doi:10.1007/978-3-540-70540-6_7
- Krajewski, J., Batliner, A., & Golz, M. (2009a). Acoustic sleepiness detection: Framework and validation of a speech-adapted pattern recognition approach. *Behavior Research Methods*, 41(3), 795-804. doi:http://dx.doi.org.ezp.sub.su.se/10.3758/BRM.41.3.795
- Krajewski, J., Trutschel, U., Golz, M., Sommer, D., & Edwards, D. (2009b). Estimating fatigue from predetermined speech samples transmitted by operator communication systems. In *Driving Assessment Conference, Montana*.

- Krajewski, J., Schnieder, S., Sommer, D., Batliner, A., & Schuller, B. (2012). Applying multiple classifiers and non-linear dynamics features for detecting sleepiness from speech. *Neurocomputing: An International Journal*, *84*, 65-75. doi:<http://dx.doi.org.ezp.sub.su.se/10.1016/j.neucom.2011.12.021>
- Lemola, S., Perkinson-Gloor, N., Brand, S., Dewald-Kaufmann, J. F., & Grob, A. (2015). Adolescents' electronic media use at night, sleep disturbance, and depressive symptoms in the smartphone age. *Journal of youth and adolescence*, *44*(2), 405-418.
- McGlinchey, E. L., Talbot, L. S., Chang, K. H., Kaplan, K. A., Dahl, R. E., & Harvey, A. G. (2011). The effect of sleep deprivation on vocal expression of emotion in adolescents and adults. *Sleep*, *34*(9), 1233-1241.
- Morris, G. O., Williams, H. L., & Lubin, A. (1960). Misperception and disorientation during sleep deprivation. *A.M.A. Archives of General Psychiatry*, *2*(3), 247-254.
- Peirce, J. W. (2007). PsychoPy—psychophysics software in Python. *Journal of Neuroscience Methods*, *162*, 8-13.
- Schuller, B., Steidl, S., Batliner, A., Schiel, F., Krajewski, J., Wening, F., et al. (2014). Medium-term speaker states —A review on intoxication, sleepiness and the first challenge. *Computer Speech & Language*, *28*, 346-374. doi: 10.1016/j.csl.2012.12.002
- Sandöy, C. (2017). *Dygnat? Det kunde man inte tro.* (Opublicerad C-uppsats). Stockholms Universitet, Psykologiska institutionen.
- Sundelin, T. (2015). *The face of sleep loss.* Opublicerad doktorsavhandling, Stockholms universitet.
- Verster, J. C., Taillard, J., Sagaspe, P., Olivier, B., & Philip, P. (2011). Prolonged nocturnal driving can be as dangerous as severe alcohol-impaired driving. *Journal of Sleep Research*, *20*(4), 585-588. doi:<http://dx.doi.org.ezp.sub.su.se/10.1111/j.1365-2869.2010.00901.x>
- Yan, N., Ng, M. L., Man, M. K., & To, T. H. (2013). Vocal tract dimensional characteristics of professional male and female singers with different types of singing voices. *International Journal of Speech-Language Pathology*, *15*(5), 484-491.