

Uppiggande effekter av sömnskattningar

Hur påverkar det GSR och
förarövervakning?

Christer Ahlström
Fran Pilkington-Cheney
Anna Anund

The logo for VTI (Värdetjänstutvärdering) is displayed in a bold, lowercase, sans-serif font. A vertical red line is positioned to the left of the logo.

VTI PM 2026:4
Utgivningsår 2026
vti.se/publikationer

Uppiggande effekter av sömnskattningar

Hur påverkar det GSR och förarövervakning?

Christer Ahlström

Fran Pilkington-Cheney

Anna Anund



Om inget annat anges är publikationen licensierad enligt [CC BY-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/), omslaget omfattas inte av licensen./Unless otherwise stated, the publication is licensed under [CC BY-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/), the cover is not included in the license.

Författare: Christer Ahlström (VTI), Fran Pilkington-Cheney (NTU), Anna Anund (VTI)
Diarienummer: 2024/0384-8.4
Publikation: VTI PM 2026:4
Utgiven av VTI 2026

Publikationsuppgifter – Publication Information

Titel/Title

Uppiggande effekter av sömnskattningar. Hur påverkar det GSR och förarövervakning?/Alerting effects of subjective sleepiness ratings. How do they affect GSR and driver monitoring systems?

Författare/Author

Christer Ahlström, VTI (orcid.org/0000-0003-4134-0303)

Fran Pilkington-Cheney, NTU (orcid.org/0000-0001-8043-3137)

Anna Anund, VTI (orcid.org/0000-0002-4790-7094)

Utgivare/Publisher

VTI, Statens väg- och transportforskningsinstitut/
Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI)
www.vti.se/

Serie och nr/Publication No.

VTI PM 2026:4

Utgivningsår/Published

2026

VTI:s diarienum/Reg. No., VTI

2024/0384-8.4

ISSN

3035-9813

DOI

<https://doi.org/10.65151/vti507982>

Projektnamn/Project

Uppiggande effekter av sömnskattningar och hur det påverkar GSR och förarövervakning/Alerting effects of subjective sleepiness ratings and possible impact on GSR and driver monitoring systems

Uppdragsgivare/Commissioned by

Skylltforden, Trafikverket/Swedish Transport Administration

Kort sammanfattning

Hur trötthet mäts spelar roll för trafiksäkerheten. I det här projektet har vi undersökt om själva frågan ”Hur sömning är du?” enligt Karolinska Sleepiness Scale (KSS) tillfälligt kan pigga upp föraren och därmed påverka hur vi tolkar både kroppens signaler och körbeteendet. Eftersom KSS ofta används som facit när trötthetsdetekteringssystem (Driver Drowsiness and Attention Warning, DDAW) utvecklas och typgodkänns inom EU:s förordning 2019/2144 om krav avseende fordonens allmänna säkerhet (General Safety Regulations, GSR), är det viktigt att skattningen inte förvränger tillståndet som mäts. Projektets övergripande mål har därför varit att kartlägga den uppiggande effekten av KSS och hur länge den sitter i.

Data från fem körsimulatorstudier med totalt 84 deltagare och 2 701 KSS-skattningar ligger till grund för analyserna. Runt varje skattning följde vi ögonrörelser (blinkmönster), hjärtslag, hjärnaktivitet (EEG) och hur stadigt bilen hölls i körfältet (SDLP). Linjära regressionsmodeller med tre segment användes för att analysera (1) läget före frågan, (2) impulsen i frågeögonblicket och (3) återgången mot förenivån. En varaktighetsparameter τ ingick i modellen och fungerar som ett direkt mått på hur länge den uppiggande effekten sitter i.

Resultaten visar att fysiologiska sömninghetsindikatorer reagerar snabbt vid KSS-frågan. Förändringar i blick, hjärtslag och EEG pekar på en uppiggande effekt som klingar av inom cirka 30–70 sekunder, medan körbeteendet (SDLP) påverkas längre tid, uppemot 2 minuter. Effekterna är tydligast vid hög sömninghet (KSS 7–9).

Praktiskt innebär det att data direkt efter skattningstillfället, alltså där den uppiggande effekten är som störst, bör exkluderas när algoritmer tränas och testas mot KSS. Även proceduren för självskattning, inklusive hur försöksdeltagare tränas i att använda skalan, behöver standardiseras. Genom att förbättra hur KSS används vid datainsamling och produktvalidering kan olika detektionssystem bli mer tillförlitliga, ge färre falsklarm och i förlängningen bidra till färre trötthetsrelaterade olyckor.

Nyckelord

Trötthet, sömninghet, uppiggande effekt, återhämtning, Karolinska Sleepiness Scale (KSS)

Abstract

How fatigue is measured matters for traffic safety. In this project, we investigated whether sleepiness ratings on the Karolinska Sleepiness Scale (KSS) temporarily alert the driver and thereby influence how we interpret both physiological and behavioural sleepiness indicators. Since KSS is often used as the reference when developing and type-approving Driver Drowsiness and Attention Warning systems (DDAW, within the EU's General Safety Regulation 2019/2144, GSR), it is important that the rating does not distort the state being measured. The overall aim of the project was therefore to map the alerting effect of KSS and how long it lasts.

Data from five driving-simulator studies with a total of 84 participants and 2,701 KSS ratings formed the basis of the analyses. Around each rating, we tracked eye movements (blink patterns), heartbeats, brain activity (EEG), and how steadily the vehicle was kept within the lane (SDLP). Linear regression models with three segments were used to analyse (1) the state before the question, (2) the impulse at the rating, and (3) the return toward the pre-question level. A duration parameter τ was included in the model, serving as a direct measure of how long the alerting effect persists.

The results show that physiological sleepiness indicators respond quickly to the KSS question. Changes in gaze behaviour, heart rate, and EEG indicate an alerting effect that fades within approximately 30–70 seconds, while driving behaviour (SDLP) is influenced for a longer period, up to about 2 minutes. The effects are most pronounced at higher sleepiness levels (KSS 7–9).

Practically, this means that the period directly following each KSS rating, where the alerting effect occurs, should be excluded when algorithms are trained and tested against KSS. The self-rating procedure itself, including how participants are trained to use the scale, also needs to be standardized. By improving how KSS is used in data collection and product validation, different detection systems can become more reliable, produce fewer false alarms, and ultimately help reduce fatigue-related crashes.

Keywords

Fatigue, drowsiness, vigilance decrement, time-to-recovery, Karolinska Sleepiness Scale (KSS), General Safety Regulations (GSR)

Innehållsförteckning

Publikationsuppgifter – Publication Information	5
Kort sammanfattning.....	6
Abstract.....	7
Innehållsförteckning	8
Förord.....	9
1. Introduktion.....	10
1.1. Syfte	11
2. Metod och material	12
3. Resultat.....	13
4. Diskussion	15
4.1. Trafiksäkerhetsnytta	15
4.2. Begränsningar	15
4.3. Resultatspridning	16
4.4. Slutsats	16
Referenser	17

Förord

Slutrapporten är framtagen med ekonomiskt stöd från Skyltfonden, Trafikverket. Ståndpunkter, slutsatser och arbetsmetoder i rapporten reflekterar författaren och överensstämmer inte med nödvändighet med Trafikverkets ståndpunkter, slutsatser och arbetsmetoder inom rapportens ämnesområde.

Detta projekt är ett samarbete mellan VTI och Nottingham Trent University (NTU). Från VTI har Christer Ahlström och Anna Anund deltagit. Från NTU har Fran Pilkington-Cheney deltagit. Som projektledare vill jag tacka Trafikverkets skyltfond för finansiering av detta intressanta projekt! Jag vill också tacka alla som varit inblandade i de datainsamlingar som ligger till grund för arbetet.

Linköping, mars 2026

Christer Ahlström
Projektledare

Granskare/Examiner

Susanne Wallhagen, VTI.

De slutsatser och rekommendationer som uttrycks är författarens/författarnas egna och speglar inte nödvändigtvis myndigheten VTI:s uppfattning. /The conclusions and recommendations in the report are those of the author(s) and do not necessarily reflect the views of VTI as a government agency.

Publikationen godkänd för publicering/Publication approved for publication

Jonas Jansson, VTI.

1. Introduktion

Trötthet i trafiken är en bidragande faktor till omkring 20 procent av trafikolyckorna världen över (Bioulac et al., 2017; Moradi et al., 2019; Williamson et al., 2011; Åkerstedt, 2000). Flera åtgärder är nödvändiga för att förbättra situationen. Åtgärder som föregriper farliga situationer och förhindrar att de uppstår från första början är mest effektiva. Hit räknas till exempel att det finns rastplatser där trötta förare kan och vill stanna för att vila, att företag i transportbranschen har sunda arbetsvillkor, och att blivande förare får kunskaper om hur de ska agera vid trötthet (Filtner et al., 2025). Dessa är exempel på strategiska åtgärder. Trots det förebyggande arbetet kommer det ändå alltid uppstå situationer då förare blir trötta bakom ratten. Här är frästa räfflor en effektiv åtgärd (Anund & Vadeby, 2021). Ytterligare en åtgärd är aktiva förarövervakningssystem och förarassistanssystem. De aktiva systemen kan göra stor skillnad genom att förhindra avåkningar och varna förare då de börjar bli för trötta för att kunna köra säkert. Myndigheter och organisationer driver på för obligatorisk installation av förarövervakningssystem i alla nya fordon, till exempel via GSR-lagstiftningen (General Safety Regulation 2019/2144¹) eller genom Euro NCAP (Ahlström & Anund, 2025; Wörle et al., 2023).

De nya GSR-reglerna kräver att det finns system för detektion av trötthet hos förare i alla nya bilar. Med tanke på kravställningen förleds man lätt att tro att de trötthetssystem som sitter i dagens bilar fungerar näst intill perfekt. Det är dock svårt att mäta trötthet vilket nu uppmärksammas från allt fler håll. Till exempel pekar IIHS² i USA ut brister med i princip alla i dagsläget förekommande detektionssystem. Det här är ett problem eftersom dåliga system leder till att trötthet passerar obemärkt, samtidigt som falskvarningar får förare att stänga av systemen. I båda fallen missar varningssystemet målet att minska antalet olyckor som beror på trötthet.

För att avgöra om ett system uppfyller ställda krav så krävs ett referensvärde och både GSR-lagstiftningen och Euro NCAP förlitar sig på självskattningsmetoden Karolinska Sleepiness Scale (KSS) som bygger på en skala mellan 1–9 där varje skalsteg har en detaljerad beskrivning av sömnheten där 1=”mycket pigg” och 9=”mycket sömnig, kämpar mot sömnen, ansträngande vara vaken”. KSS är utvecklad med tanken att försökspersonen rapporterar ett värde var 5:e minut som speglar hur de i genomsnitt känt sig under denna period. KSS fungerar oftast bra för ändamålet, men det finns både kända och okända begränsningar med metoden (Cai et al., 2021; Åkerstedt et al., 2014). En känd nackdel med KSS är att skalan är subjektiv och kan påverkas av förarens egen bedömning och ärlighet, men även att det kan vara svårt att skatta om man samtidigt har en krävande körning. Det finns även en farhåga att skattningen i sig väcker föraren så att skattningen inte längre är valid.

Inom ramen för detta projekt vill vi undersöka om en KSS-skattning har en uppiggande effekt, och i så fall hur länge den håller i sig. Resultaten är viktiga ur flera aspekter. Det är till exempel nödvändigt att bedömningskriterierna som används vid typgodkännande av trötthetsdetektionssystem (enligt GSR) är korrekta för att få förtroende för systemen såväl som för lagstiftningen. Att KSS-skalan är reliabel är också viktigt vid utveckling av detektionssystemen. Eftersom KSS används för att träna de AI-modeller som avgör om föraren är sömnig så byggs eventuella svagheter med skalan in i produkten.

Det finns väldigt lite forskning om hur en förarens vakenhetsnivå påverkas av att svara på frågan ”Hur trött är du på en skala från 1 till 9?”. Ett tidigare laboratorieförsök visade att KSS-skattningarna i sig påverkar alfa-innehållet i hjärnan (avtagande EEG α) och att den subjektiva sömnheten minskade, men samtidigt såg man inga förbättringar i prestation. Det antyder att själva skattningsmomentet kan höja vakenheten utan att den objektiva prestationen

¹ https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/?uri=pi_com%3AC%282023%294523

² <https://www.iihs.org/ratings/partial-automation-safeguards>

faktiskt förbättras (Kaida et al., 2007). Tidigare forskning har också visat att en kortvarig verbal interaktion (ungefär lika engagerande som en verbal KSS-skattning) ökar i upp till två minuter (Schmidt et al., 2011). Tillsammans pekar dessa studier på att KSS-skattningarna tillfälligt kan ”maskera” fysiologiska tecken på sömnhet.

En närliggande fråga är om sättet (modaliteten) man besvarar KSS-frågan på har en inverkan på den uppiggande effekten. I praktiken används främst två sätt: antingen svarar man verbalt, eller så skriver man in sitt KSS-värde på ett tangentbord eller en pekskärm. Teoretiskt skiljer sig dessa modaliteter i sensomotorisk belastning: tal och social interaktion kontra manuell-visuell inmatning. Även om det är känt att det krävs träning innan man kan skatta sin sömnhet korrekt (Zemblys et al., 2024) så finns det få jämförelser mellan olika skattnings-modaliteter.

1.1. Syfte

Syftet med projektet har varit att kvantifiera om KSS-skattningen har en uppiggande effekt, att beskriva hur den i så fall ser ut i olika fysiologiska och beteendemässiga indikatorer, att uppskatta hur länge den uppiggande effekten håller i sig, och att explorativt jämföra skattningsmodalitet (verbal jämfört med att ange nivån på en surfplatta).

2. Metod och material

Projektet har använt befintliga data från tidigare datainsamlingar som gjorts med trötta förare inom VTI:s regi. Totalt har fem köringsimulatorstudier använts. Deltagarna ($n = 84$, 60 män/24 kvinnor, ålder 18–60) körde under dag (pigg betingelse) och natt efter sömnrestriktion (sömnig betingelse) och skattade KSS var femte minut. Samtidigt samlades ögonrörelser (EOG; blinkduration och ögonlocksstängningshastighet), hjärtfrekvens (ECG), hjärnaktivitet (EEG α och θ), samt körprestation (SDLP – standardavvikelse i lateral position) in. Mer information om de fem simulatorstudierna finns i publikationerna: Anund et al. (2015), Fors et al. (2018), Ahlström et al. (2018), Radun et al. (2022) och Leandersson Olsson (2012). Förhållandena i simulatorn var snarlika mellan studierna, med simulerat dagsljus både under dag- och nattkörningarna i ett i övrigt nedsläckt rum. Visst bortfall förekommer för enskilda signaler, men på det stora hela har alla analyser gjorts med data från alla förare, undantaget EEG som saknades i en studie.

För varje KSS-skattning extraherades tidsserier från 120 sekunder före till 120 sekunder efter frågetillfället. Tidsserierna beräknades med ett glidande 20-sekunders fönster i steg om 1 sekund. Tre-segments linjära regressionsmodeller anpassades sedan till tidsserierna för att kunna analysera effekterna av KSS-skattningarna. De tre segmenten i modellen representerar:

Segment 1: en baslinje före skattningen.

Segment 2: en impuls i frågeögonblicket.

Segment 3: en ramp där effekten av skattningen stabiliserats.

Som en del i modellenpassningen estimerades en parameter τ som representerar tidpunkten då en eventuellt uppiggande effekt upphört igen.

Regressionsmodellen inkluderade interaktioner med KSS-nivå och justerade för individuella skillnader och studiebetingelser via slumpmässiga intercept. EEG- och EOG-segment med artefakter (för höga/låga amplituder) exkluderades, och hjärtfrekvens beräknades med robust hjärtslagsdetektion och bortfiltrering av så kallade outliers (Clifford et al., 2002; Shahid et al., 2010).

Statistiskt rapporterar vi både omedelbara impulser och uppskattad varaktighet (τ) per indikator, samt jämförelser mellan KSS-nivåer (Holm–Bonferroni-justerade kontraster).

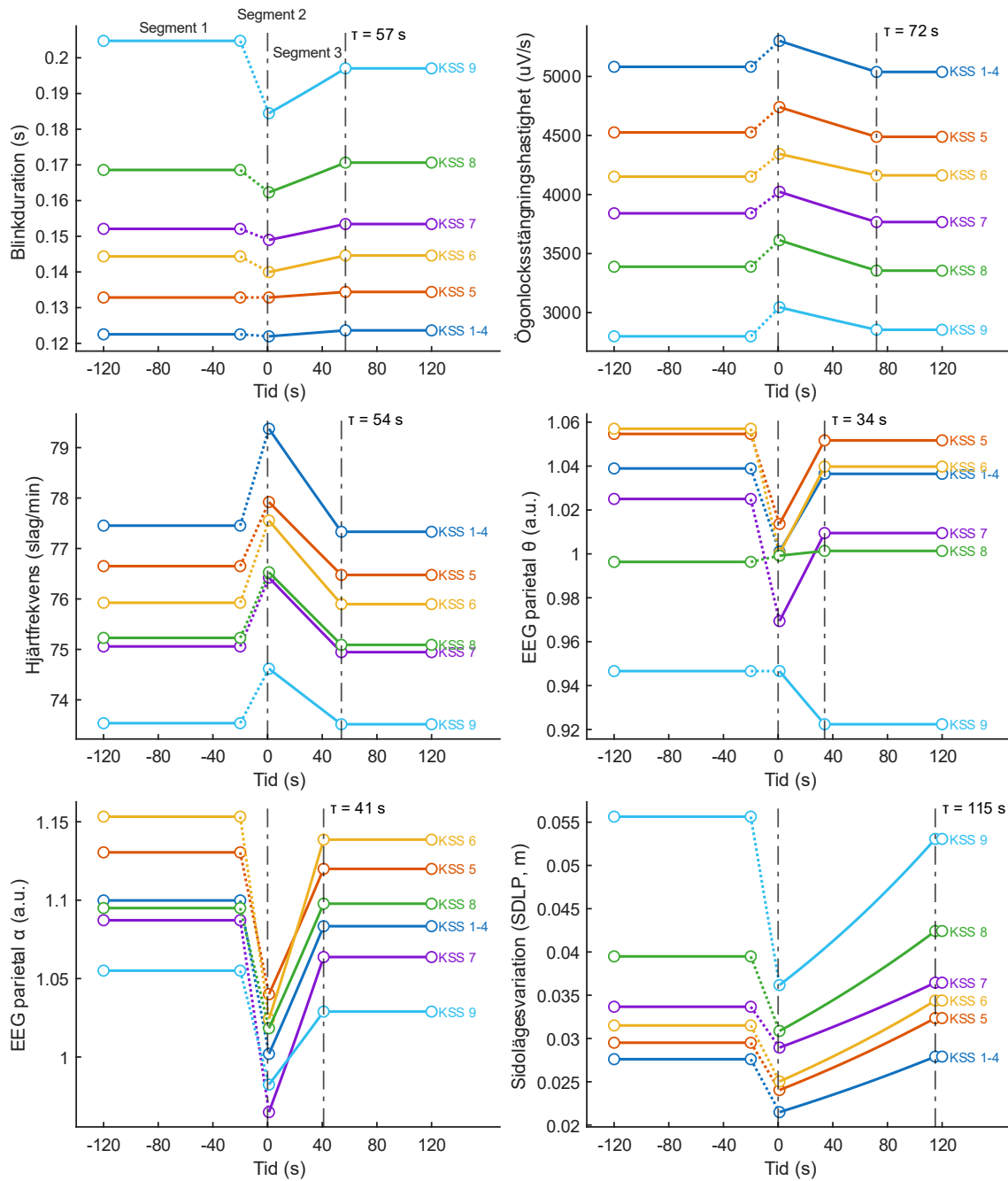
3. Resultat

Baslinjen (Segment 1) varierade som väntat med KSS: blinkduration ökade, blinkningarnas stängningshastighet minskade, hjärtfrekvens sjönk och SDLP steg vid högre KSS. Alla dessa förändringar pekar på ökande nivåer av sömnhet (Schleicher et al., 2008; Åkerstedt et al., 2014). Det här är förväntade resultat som verifierar att modellen anpassar sig till data på ett förväntat sätt. Även EEG-resultaten följer mönstret i grova drag, men förändringarna är bara signifikanta för högre KSS-nivåer.

När vi skattade varaktigheten fann vi att förändringar (Segment 2) i EEG-indikatorerna klingade av snabbast (~30–40 s), följt av blick/hjärtslag (~52–78 s), medan linjehållningen påverkades längst (~115 s), se segment 3 i Figur 1. Det tyder på att beteende påverkas längre tid än fysiologiska mått. Effekterna var tydligast vid högre KSS-nivåer (7–9).

Explorativt såg vi att skattningarna som gjordes på surfplatta hade en mer kortvarig uppiggande effekt än verbala skattningar. Eftersom rapporteringsmodalitet inte randomiserades mellan deltagare ska detta tolkas försiktigt, men resultatet indikerar att det spelar roll hur man anger skattningen.

Mer detaljerade resultat finns i en inskickad artikel som för nuvarande är under granskning (Ahlström et al., 2026).



Figur 1. Regressionsmodeller som fångar tidsförloppet runt KSS-skattningarna för sex olika sömnhetsindikatorer (blinkduration, ögonlocksstängningshastighet, hjärtfrekvens, hjärnaktivitet (EEG parietal α och θ) och sidolägesvariation. Den lodräta linjen vid tiden noll anger skattningsögonblicket medan linjen vid tiden τ indikerar när den uppiggande effekten upphört.

4. Diskussion

Regressionsanalyserna visar att KSS-skattningen kan maskera fysiologiska sömnhets signaler under kort tid, särskilt vid hög sömnhet. Ögonen och hjärnan återgår snabbt mot baslinjen, inom en minut, medan det tar längre tid innan linjehållning återgår till basnivån. Resultaten stämmer väl överens med tidigare forskning som visat att uppiggande effekter har kort varaktighet och utan bestående prestationsförbättringar (Kaida et al., 2007; Schmidt et al., 2011).

Metodologiskt innebär resultaten att uppmätt data som ligger nära efter KSS-skattningen i tid bör exkluderas vid träning och validering av detektionsalgoritmer som använder KSS som facit (ground truth, target label). Konkret rekommenderar vi att data inom ~60 s efter skattning exkluderas för fysiologiska indikatorer (features) och upp till ~120 s för beteendemått (SDLP). Vi ser också tecken på att rapporteringsmodalitet kan påverka varaktigheten. Framtida studier bör därför jämföra verbal vs. surfplatta inom samma person för att isolera effekten.

4.1. Trafiksäkerhetsnytta

Trötthet höjer avsevärt risken för trafikolyckor och man uppskattar idag att det bidrar till omkring 20 procent av trafikolyckorna världen över. Som ett led i att komma till rätta med problemet har EU genom GSR-lagstiftningen bestämt att alla nya bilmodeller ska utrustas med trötthetsvarningssystem. KSS används vid utvärdering/godkännande av dessa detektionssystem. Det är därför viktigt att KSS-skalan är pålitlig och korrekt och att det är tydligt vad den mäter. Resultaten från denna och tidigare studier (Kaida et al., 2007; Schmidt et al., 2011) visar att den uppiggande effekten av KSS inte är ett hinder för valideringsstudier inom ramen för GSR.

Resultaten bidrar också med mer kunskap om skalans reliabilitet och med en rekommendation om hur data runt skattningstillfället bör exkluderas vid träning av AI-modeller för sömnhetsdetektion. Timing är avgörande under träningen och det är avgörande att träningsdata (features) matchar målvariabeln (target), alltså KSS-värdet. Vår förhoppning är att resultaten ska bidra till mer robusta detektionssystem, vilket i sin tur kan öka både acceptansen och nyttjandegraden.

4.2. Begränsningar

Endast simulatorstudier ingick i analyserna. Tidigare fältstudier på väg (genomförda vid VTI) kunde inte användas eftersom den exakta tidpunkten för KSS-frågan inte fanns tillgänglig. Det är känt att sömnhet utvecklas fortare och når högre nivåer i simulator än vid körning på riktig väg (Fors et al., 2018). Framtida forskning bör därför undersöka om liknande resultat uppträder i data uppmätt på allmän väg.

Jämförelsen mellan verbala och surfplattbaserade KSS-skattningar var obalanserad eftersom surfplattbaserade skattningar bara gjorts i en av de fem studierna, vilket betyder att jämförelserna bara kunde göras mellan individer (alltså inte inom en och samma individ) och mellan experimentdesign (alltså inte inom ett och samma experiment). För att vidare studera effekten av skattningsmodalitet behövs ett dataset med inom-individ-design.

Även kumulativa effekter av upprepade skattningar bör beaktas för att förstå hur trötthets ackumulering kan påverka tillförlitligheten över tid. Williamson et al. (2014) har jämfört hur sömniga förare blev då de körde i en simulator samtidigt som de skattade sin sömnhet med hur sömniga de blev när de inte skattade sin sömnhet. Resultaten visade att det inte gjorde någon skillnad på antalet tillfällen då deltagarna vinglade utanför körfältet.

KSS skattas som ett medelvärde för de senaste 5 minuterna. Det är oklart hur individer är kapabla till detta. Det kan finnas en risk att bedömningen, oavsett instruktionen, mer speglar närliggande minuter än just de senaste 5 minuterna. Detta behöver studeras vidare.

Vi har inte studerat könsskillnader eftersom tidigare studier visat att det inte är några stora skillnader i sömnhetsutveckling i kontrollerade sömnstudier. Däremot är kön en faktor när det kommer till hur ofta man kör trött och hur ofta man väljer att fortsätta köra efter att man märkt av sin trötthet, där män i båda fallen är sämre på att ta beslutet att inte köra (Obst et al., 2011).

4.3. Resultatspridning

En vetenskaplig artikel har skickats in för vetenskaplig publicering (Ahlström et al., 2026). Artikeln kommer att publiceras öppet (open access) och finnas tillgänglig för forskarsamfundet och alla andra som är intresserade av resultaten.

Under projektets gång har delresultat även presenterats på fyra möten/workshops:

1. Draft UN Regulation for Driver Drowsiness and Attention Warning Systems (International Working Group DDADWS, 8:e sessionen, OICA, Paris).
2. Sweden–Malaysia Vision Zero Webinar – Challenges for Professional Drivers – DMS, Driver Behaviour and Fatigue (Business Sweden).
3. Transportforum 2026, Linköping: Metodologiska överväganden vid utvärdering av trötthetssystem (DDAW).
4. SAFER research day: The alerting effect of sleepiness self-ratings – implications for GSR compliance and driver monitoring systems.

Även samarbetet med Nottingham Trent University bidrar till internationell spridning av resultaten.

4.4. Slutsats

KSS-skattningen ger en kortvarig (<60 sekunder) fysiologisk förändring och en längre beteendeförändring (knappt 2 minuter) vid hög sömnhet. För att säkerställa korrekta målvärden (target) när KSS används i DDAW-utveckling och typgodkännande bör data nära skattningstillfället exkluderas. Protokollen för hur KSS används behöver också standardiseras så att skalan används enhetligt mellan olika studier och testmiljöer. Tillsammans kan detta bidra till mer tillförlitliga system, färre falsklarm och förbättrad trafiksäkerhet.

Referenser

- Ahlström, C., & Anund, A. (2025). Development of sleepiness in professional truck drivers: Real-road testing for driver drowsiness and attention warning (DDAW) system evaluation. *Journal of Sleep Research*, 34(2), e14259. <https://doi.org/10.1111/jsr.14259>
- Ahlström, C., Anund, A., Fors, C., & Åkerstedt, T. (2018). The effect of daylight versus darkness on driver sleepiness: a driving simulator study. *Journal of Sleep Research*, 27(3), e12642. <https://doi.org/10.1111/jsr.12642>
- Ahlström, C., Pilkington-Cheney, F., & Anund, A. (2026). Transient alerting effects of Karolinska Sleepiness Scale ratings on physiological and driving performance indicators. *Submitted*.
- Anund, A., Lahti, E., Fors, C., & Genell, A. (2015). The effect of low-frequency road noise on driver sleepiness and performance. *PloS one*, 10(4), e0123835. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0123835>
- Anund, A., & Vadeby, A. (2021). Rumble Strips, Continuous Shoulder, and Centerline. In I. C. U. K. Roger Vickerman (Ed.), *International Encyclopedia of Transportation : Volume 2 - Transport safety and security* (pp. 549-553). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102671-7.10178-2>
- Bioulac, S., Franchi, J.-A. M., Arnaud, M., Sagaspe, P., Moore, N., Salvo, F., & Philip, P. (2017). Risk of motor vehicle accidents related to sleepiness at the wheel: a systematic review and meta-analysis. *SLEEP*, 40(10). <https://doi.org/10.1093/sleep/zsx134>
- Cai, A. W. T., Manousakis, J. E., Lo, T. Y. T., Horne, J. A., Howard, M. E., & Anderson, C. (2021). I think I'm sleepy, therefore I am – Awareness of sleepiness while driving: A systematic review. *Sleep medicine reviews*, 60, 101533-101533. <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2021.101533>
- Clifford, G., McSharry, P., & Tarassenko, L. (2002). Characterizing artefact in the normal human 24-hour RR time series to aid identification and artificial replication of circadian variations in human beat to beat heart rate using a simple threshold. *Computers in cardiology*,
- Filtness, A., Pilkington-Cheney, F., Motnikar, L., Talbot, R., Capkin, S. O. K., Toulidou, K., . . . Anund, A. (2025). A framework for countermeasures design to support professional drivers' fitness-to-drive. *Industrial health*, 63(3), 303-308. <https://doi.org/10.2486/indhealth.2024-0128>
- Fors, C., Ahlström, C., & Anund, A. (2018). A comparison of driver sleepiness in the simulator and on the real road. *Journal of Transportation, Safety and Security*, 10(2), 72-87. <https://doi.org/10.1080/19439962.2016.1228092>
- Kaida, K., Åkerstedt, T., Kecklund, G., Nilsson, J. P., & Axelsson, J. (2007). The effects of asking for verbal ratings of sleepiness on sleepiness and its masking effects on performance. *Clinical Neurophysiology*, 118(6), 1324-1331. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2007.03.004>
- Leandersson Olsson, S. (2012). *Drowsy Driver Project Final Report*. <https://www.vinnova.se/globalassets/mikrosajter/ffi/dokument/slutrappporter-ffi/trafiksakerhet-och-automatiserade-fordon-rappporter/2009-04735eng.pdf>
- Moradi, A., Nazari, S. S. H., & Rahmani, K. (2019). Sleepiness and the risk of road traffic accidents: A systematic review and meta-analysis of previous studies. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 65, 620-629. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.09.013>
- Obst, P., Armstrong, K., Smith, S., & Banks, T. (2011). Age and gender comparisons of driving while sleepy: Behaviours and risk perceptions. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 14(6), 539-542. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2011.06.005>
- Radun, I., Levitski, A., Wahde, M., Ingre, M., Benderius, O., Radun, J., & Kecklund, G. (2022). Sleepy drivers on a slippery road: A pilot study using a driving simulator. *Journal of Sleep Research*, 31(2), e13488. <https://doi.org/10.1111/jsr.13488>

- Schleicher, R., Galley, N., Briest, S., & Galley, L. (2008). Blinks and saccades as indicators of fatigue in sleepiness warnings: looking tired? *Ergonomics*, *51*(7), 982-1010. <https://doi.org/10.1080/00140130701817062>
- Schmidt, E., Schrauf, M., Simon, M., Buchner, A., & Kincses, W. E. (2011). The short-term effect of verbally assessing drivers' state on vigilance indices during monotonous daytime driving. *Transportation Research Part F: Psychology and Behaviour*, *14*(3), 251-260. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2011.01.005>
- Shahid, A., Shen, J., & Shapiro, C. M. (2010). Measurements of sleepiness and fatigue. *Journal of Psychosomatic Research*, *69*(1), 81-89. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychores.2010.04.001>
- Williamson, A., Friswell, R., Olivier, J., & Grzebieta, R. (2014). Are drivers aware of sleepiness and increasing crash risk while driving? *Accident Analysis & Prevention*, *70*, 225-234. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2014.04.007>
- Williamson, A., Lombardi, D. A., Folkard, S., Stutts, J., Courtney, T. K., & Connor, J. (2011). The link between fatigue and safety. *Accident Analysis & Prevention*, *43*(2), 498-515. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2009.11.011>
- Wörle, J., Metz, B., & Prill, A. (2023). How to Induce Drowsiness When Testing Driver Drowsiness and Attention Warning (DDAW) Systems. *IEEE Transactions on intelligent transportation systems*. <https://doi.org/10.1109/TITS.2023.3249755>
- Zemblys, R., Ahlström, C., Anund, A., & Finér, S. (2024). Towards better subjective sleepiness ground truth data quality. 9th International Conference on Driver Distraction and Inattention (DDI2024), University of Michigan, Ann Arbor, US, October 22-24, 2024.,
- Åkerstedt, T. (2000). Consensus statement: fatigue and accidents in transport operations. *Journal of Sleep Research*, *9*(4), 395-395. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2869.2000.00228.x>
- Åkerstedt, T., Anund, A., Axelsson, J., & Kecklund, G. (2014). Subjective sleepiness is a sensitive indicator of insufficient sleep and impaired waking function. *Journal of Sleep Research*, *23*(3), 240-252. <https://doi.org/10.1111/jsr.12158>

VTI, Statens väg- och transportforskningsinstitut, är ett internationellt framstående forskningsinstitut med uppdrag från regeringen att bedriva forskning och utveckling inom transportområdet, omfattande infrastruktur, trafik, transporter och trafikanter. Vi arbetar för att kunskapen om transportsektorn kontinuerligt ska förbättras och är på så sätt med och bidrar till att uppnå Sveriges transportpolitiska mål.

Verksamheten omfattar samtliga trafikslag och områdena väg- och banteknik, drift och underhåll, fordonsteknik, trafiksäkerhet, trafikanalys, människan i transportsystemet, miljö, planerings- och beslutsprocesser, transportekonomi samt transportsystem. Kunskapen som VTI tar fram ger beslutsunderlag till aktörer inom transportsektorn och tillämpas i många fall i såväl nationell som internationell transportpolitik.

VTI bedriver forskning på uppdrag i en tvärvetenskaplig organisation. Vi arbetar också med utredning och rådgivning, samt utför olika typer av tjänster inom mätning och provning. På institutet finns tekniskt avancerad forskningsutrustning av olika slag och körsimulatorer i världsklass. Dessutom finns ett laboratorium för vägmaterial, ett mättekniskt laboratorium och ett krocksäkerhetslaboratorium.

Transportbiblioteket vid VTI är en nationell resurs för informationsförsörjning och informationspridning för alla trafikslag inom transportforskningsområdet.

I Sverige samverkar VTI med ledande universitet och högskolor som bedriver närliggande forskning och utbildning. Vi medverkar även kontinuerligt i internationella forskningsprojekt, framförallt i Europa, och deltar aktivt i internationella nätverk.

VTI är en uppdragsmyndighet som lyder under regeringen och hör till Landsbygds- och infrastrukturdepartementet. Vårt kvalitetsledningssystem är certifierat enligt ISO 9001 och vårt miljöledningssystem enligt ISO 14001. Vissa provningsmetoder vid våra laboratorier är dessutom ackrediterade.

Vi är omkring 250 medarbetare och finns i Linköping (huvudkontor), Stockholm, Göteborg och Lund.

vti

Statens väg- och transportforskningsinstitut • www.vti.se • vti@vti.se • +46 (0)13-20 40 00
