

Støyreduksjon ved hjelp av grønne tak



Vegetasjon på tak kan benyttes som et støydempende tiltak. Estetiske forbedringer, opparbeiding av fellesgode i form av takterrasse og andre tilleggseffekter (opptak av regnvann, filtrering/ opptak av lokal luftforurensning) kan være avgjørende for økonomien i tiltakene. Mens plantene (blad og rotsystem) bidrar til å redusere støyen, er substratets (vekstmediets) egenskaper viktigst for støydempingen. Type substrat og tykkelse, fuktighet og utformingen av taket samt størrelsen av arealet som dekkes har betydning. Når substratdybden er under 20 cm, dempes først og fremst de høyere lydfrekvensene.

1 Problem og formål

Vegtrafikkstøy fra gater/veger kan forplante seg over lengre distanser over tak. Siden lyd har bølgekarakter vil noe av støyen bøye ned i sidegater, atrium og bakrom (diffraksjon). Grønne tak kan komme ansatte/beboere til nytte (grønn flekk/takterrasse) og/eller redusere støynivåene for leiligheter som vender mot bakgårder og sidegater. Dersom ingen bruker arealene, bor eller oppholder seg slik at de nyter godt av støyreduksjonen, kvalifiserer ikke et grønt tak som støytiltak.

Støyreduksjonen som oppnås ved å anlegge grønne tak er avhengig av hvor høye støynivået i utgangspunktet er, hvor høye bygningene er, hvordan de ligger i forhold til hverandre, og utformingen av taket. Ulike vegetasjonsflater har ulike egenskaper (Attenborough m fl 2011).

2 Beskrivelse av tiltaket

Støyreduksjonen fra vegetasjon oppnås gjennom tre ulike mekanismer:

Lyden kan fanges opp (*absorpsjon*), spres (*diffusjon*), og noe av lydenergien reduseres i det den passerer gjennom eventuelle grønne barrierer (*transmisjon*).

Støyreduksjonen avhenger av om det velges en ekstensiv (enkelt plantedekke) eller en intensiv løsning (takhage/takbarrierer), og om taket som kles er et skråtak, saltak, mansardtak, eller flatt tak (Renterghem m fl 2010, 2011, 2013).

«Grønne» tak kan i hovedsak deles inn i to typer (Rowe 2011):

- Ekstensive grønne tak, har en vekstsubstratdybde på under 15 centimeter, og er best egnet for ulike gressorter eller andre lave vekster. Ulike sedum- eller mosearter kan benyttes. Taket krever lite vedlikehold når en benytter arter som tåler noe tørke. Potensialet for biodiversitet er begrenset.
- Intensive «grønne» tak kan inneholde: trær, busker og lavere vegetasjon. De er ofte utformet som rekreasjonsområder (takhager) for beboere/ansatte. Grønne takbarrierer (hekker plantet langs kanten på taket) gir også en støymessig reduksjon. Substratdybden er oftest mer enn 15 centimeter. Bygningskonstruksjonen må tåle ekstra vekt og løsningen krever mer vedlikehold, men nytteeffektene kan også være betydelig større.



[Grønt tak Manhattan, NY. Fotografert av: Alyson Hurt, Creative commons.](#)

Ekstensivt vs. intensivt grønt tak. Fotografert av: Beth Krieger (ekstensiv) og Terry Meyer Broake (intensive).

Grønne tak består av flere lag, med ulike funksjoner:

- Beplantning
- Lag med jord eller annet vekstmedium
- Tekstil/geofilter membran for å hindre jordlaget fra å bli vasket ut
- Lag for retensjon av regnvann/fuktighet og drenering
- Membran som skal fungere som en rot-barriere

I ulike kommersielle løsninger kan det i tillegg være definert lag for å fjerne fuktighet mellom membran og tak, ekstra sikring, termisk isolasjon, retensjon av nedbør mm.

I noen intensive løsninger kan plantene være organisert i egne beholdere som kan flyttes og ommøbleres etter behov. Mer utdypende informasjon om grønne tak, avrenning, plantesorter, bygningstekniske forhold, er lagt fram i rapporten [Grønne tak](#) (Noreng m fl 2012). Grønne tak har lang tradisjon i tyske byområder, og mange europeiske byer har gitt tilskudd til anleggelse av grønne tak.

3 Supplerende tiltak

- Takutforming (jfr Renterghem m fl 2010, 2011, 2013)
- Skjerming av takområder (takterrasse)
- [Grønne fasader](#)
- Kilderettede tiltak
- Tiltak på gateplan (trær, barrierer)
- [Fasadeisolering av bygninger](#)

4 Hvor er tiltaket egnet

Tiltakene er godt egnet i situasjoner der mange beboere/ansatte har nytte av den visuelle og støymessige oppgraderingen. Dette vil først og fremst gjelde lavere blokk-, og rekkehus i byområder og langs hovedvegene. Der grønne tak anlegges for å tilfredsstille andre hensyn, bør det vurderes også hvilken støymessig gevinst som oppnås ved de ulike løsningsalternativene.

5 Faktisk bruk av tiltaket - Eksempler

Grønne tak har fått et økt fokus internasjonalt, særlig de siste 10-20 årene. Bruk av vegetasjon på tak har også lang tradisjon i Norge. Det er imidlertid sjeldent at reduksjon av støy har vært hovedformålet, og leiligheter/kontorer kan være plassert slik at få, om noen, har nytte av støydempingen. Bruk av grønne tak har i hovedsak vært benyttet for å utnytte arealene i en by bedre, og for å redusere omfanget av overvann.

I Bjørvika, Oslo er det besluttet at 50 prosent av takene skal være grønne. I København har de som mål at 325 000 km² tak skal være grønne innen 2015 (Dagsavisen 2012). I august 2013 besluttet Miljø- og samferdselskomiteen i Oslo at det skal utarbeides en handlingsplan for Grønne tak i Oslo. Det er ukjent om dette vil gi støyreduksjoner av betydning og hvor stor nytten i gjennomsnitt er når et begrenset takareal må deles mellom ansatte i mange etasjer.

6 Miljø- og klimavirkninger

Et saltak har bare en diffraksjonskant, mønet, hvor lyden brytes. Flate tak som har to slike brytningskanter demper lyden mer, og mansardtak som har fire kanter kan gi en ytterligere dempning. Opp til 8 dBA i støyreduksjon kan oppnås ved å kle en ugunstig takutformingen (for eksempel saltak), med vegetasjon, mens det kan oppnås ca. 2 dBA for et flatt tak. Se også Renterghem m fl (2010, 2011 og 2013).

I tillegg til den støyreduserende effekten vil økt bruk av ulike typer vegetasjon ha andre positive effekter. For bruk av vegetasjon på tak til å redusere overvann, forsinke avrenning og holde på fuktighet, se Noreng m fl (2012) og Metselaar (2014).

I områder sør for Norge, brukes grønne tak for å reflektere mer av innstrålingen, skape gunstige mikro-klimatiske forhold og dempe solvarmetillegget fra mørk bybebyggelse og asfalt «urban heat island». I Norge er imidlertid innstrålingen lavere, og ikke på samme nivå som rundt Middelhavet.

Vekstmediene som brukes i løsningen fra eksempelvis [Canevaflor](#) har like god termisk effekt som annet isolasjonsmateriale. For nye bygninger vil en følgelig klare seg med mindre annen isolasjon. Sailor (2008) beskriver beregninger der en tar hensyn til arealet av bladene («Leaf Area» og sesongmessige svingninger.

Grønne tak tar opp CO₂. Denne effekten er beskjeden (ca 0.001 tonn per kvadratmeter) og kan ses bort fra i enkeltprosjekter. Det foreligger imidlertid beregninger av nytten av ekstensive og intensive tak for å redusere lokal luftforurensning (Yang 2008) som tilsier at virkningene bør inngå i nyttekostnadsberegningene (resultater fra flere undersøkelser bør da sammenfattes). Verdiene i Yang (2008) for opptaket av nitrogendioksid (NO₂) og partikler (PM₁₀) ved ekstensive løsninger bedrer nyttekostnadsbrøkene mellom 5 og 20 prosent. Vi har da ikke tatt hensyn til at filtreringen skjer i takhøyde mens en regner verdien av utslippsreduksjoner på bakkenivå et stykke fra de som berøres. Virkningen kan avhenge av artene – Speak m fl (2012) rapporterer større opptak av PM₁₀ for polarrødsvingel og rødkornell, mens smalkjempeblad og hvitbergknapp ikke er like gode til å fjerne partikler. Verdiene oppgitt av Yang (2008) ligger mellom disse verdiene. For semi-intensive og intensive tak oppgis opptakene å ligge fra 25% til 100% høyere.

Ekstensive og intensive grønne tak bidrar til biologisk mangfold ved å huse arter, og redusere avstanden/barrierene mellom områder hvor planter, insekter og fugler kan oppholde og spre seg over. Hvor stor en slik virkning vil være er avhengig av lokalisering, areal, planter og miljøforholdene ellers (Cook-Patton m fl 2008, Madre 2014).

7 Andre virkninger

Økt bruk av vegetasjon i byer og tettsteder vil i tillegg til potensielle helseeffekter av bedret luftkvalitet, også kunne være med på å gi byen/tettstedet en estetisk opprustning som kan bidra til økt bruk av uteområdene.

Reduksjon av støynivået vil bedre uteområdenes potensial for å gi rekreasjon og avstressing. Det vil også medvirke til mindre søvnforstyrrelser i befolkningen. I følge en studie fra Folkehelseinstituttet oppgir 9 prosent av befolkningen i Oslo og Akershus at de opplever søvnforstyrrelser som skyldes trafikkstøy (FHI 2010). Les mer om potensielle helseeffekter av støy i [Folkehelseinstituttets kunnskapsbase](#).

Andre positive effekter er blant annet lavere strømkostnader, og reduserte problemer med [overvann](#).

8 Kostnader

Kostnadene vil variere, blant annet avhengig av type tiltak, valgt vegetasjon, og behovet for drift og vedlikehold (for eksempel av vanningsanlegg).

Noreng m fl (2012) anslår at det vil koste rundt 65-70 kr/m² å drifte en takhage (intensivt grønt tak) på rundt 2 000 m². For ekstensive grønne tak kan de ligge på rundt 2-10 kr/m². Eksempelvis vil etablering av et Sedumstak koste i størrelsesordenen 400-800 kr/m² (+ mva) ferdig lagt (Noreng m fl 2012), denne kostnaden anses som en ekstrakostnad ved valg av grønne tak i motsetning til et vanlig takdekke.

Støyvirkningene av noen ekstensive og intensive løsninger ble beregnet i EU-prosjekt [HOSANNA](#). Her er støyvirkningene for leiligheter som vender ut mot et gårdsromsområde beregnet. Støyreduksjonen for beboerne vil være avhengig av leilighetens etasje og plassering. Ettersom støyvirkningene av grønne tak ikke er etterprøvd i større etterundersøkelser, bygger anslagene på akustiske modellsimuleringer understøttet av laboratoriemålinger og målinger på skalamodeller.

Lyddempningen er avhengig av kontekst

Flate tak som har to brytningskanter demper lyden mer, og mansardtak som har fire kanter kan gi en ytterligere dempning. Opptil 8 dBA støydemping kunne oppnås ved å kle den ugunstigste takutformingen, saltaket, med vegetasjon, mens det oppnås ca. 2 dBA for et flatt tak.

Alternativene som ble undersøkt i EU-prosjektet skilte seg først og fremst ut ved størrelsen og utformingen av arealet som ble dekket, og om løsningen var ekstensiv eller intensiv. De intensive løsningene besto av lave takbarrierer plantet langs diffraksjonskanten(e) mot gatejuv og/eller mot atrium/bakgård.

Samfunnsøkonomisk gevinster/tap ved å anlegge grønne tak

Noreng m fl (2012) oppgir tilleggskostnaden for ekstensive tak på kr 3-400/m² i større prosjekter og kr 4-600/m² for mindre. Årlig vedlikeholdskostnader for ekstensive tak er oppgitt til å være kr 6/m² per år. For intensive tak er vedlikeholdskostnaden angitt til kr. 67,50. For ekstensive tak bruker vi her kr 500/ m² i investeringskostnader og kr 6/m² per år i vedlikeholdskostnader. For takbarrierer bruker vi anslagene på investerings og vedlikeholdskostnader i HOSANNA (kr 4 000/m² og kr 200/m² per år).

En støyreduksjon som kun gjelder stille side (for leiligheter mot bakgård/atrium/bakgate/sidegate) har ikke like stor betydning for folks forstyrrelser og plager som en reduksjon av støynivået på den mest bråkete side (Kluizenaar m fl 2011, Amundsen m fl 2010). Dersom soverom ligger til stille side, kan en støyreduksjon likevel gi bedre søvnkvalitet, og tilgang til et rom det går an å trekke seg tilbake til når en vil ha det stillere (Öhrström m fl 2006). Vi har anslått at en støyreduksjon på stille side kan «telle» like mye som 30% av en tilsvarende støyreduksjon på mest støyende fasade (Veisten m fl 2012).

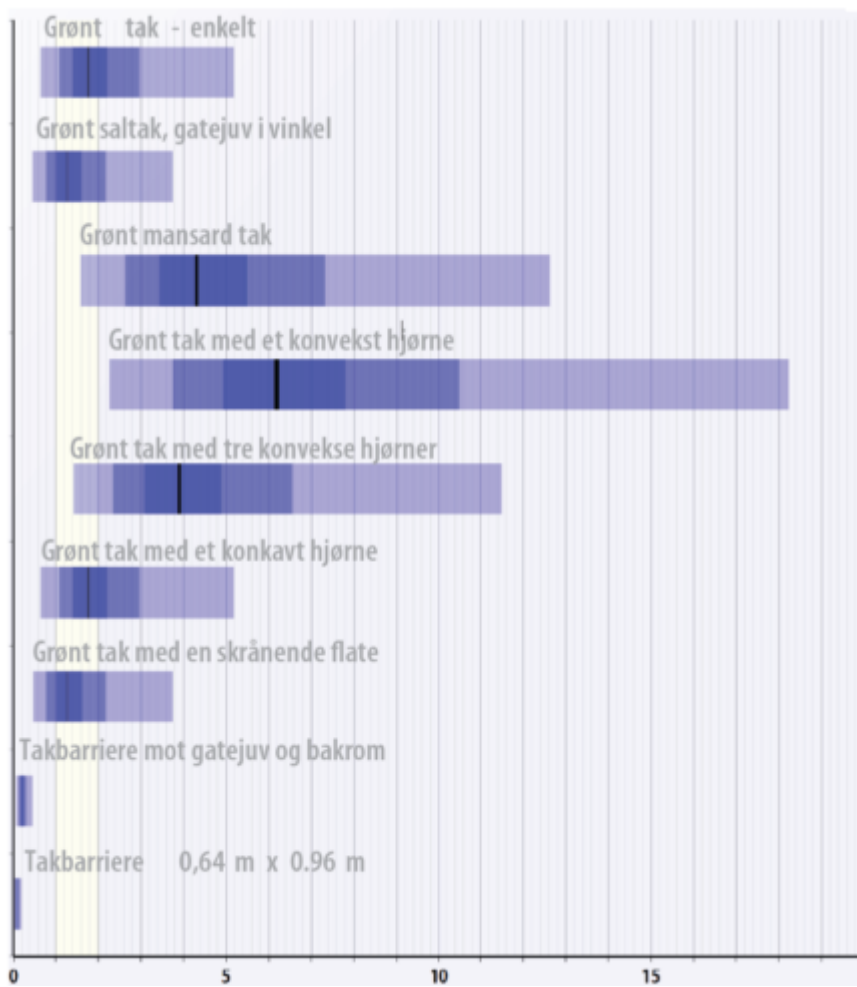
Når støynivået fra vegtrafikken blir lav nok, vil andre støykilder dominere og ta over. Nettogevinsten av en ytterligere reduksjon av vegtrafikkstøyen er da null. Vi regner følgelig ikke med noen nytteverdi av støygevinster som gjør at støyen fra vegtrafikken kommer under 45 dBA.

Tabell 1: Inngangsdata økonomiske analyser av ekstensive grønne tak, ruglete overflate og intensive takbarrierer for å redusere støy.

	Beboere	Støynivå (dBA)	Endring (dBA)	m ²	Investering kr	Vedlikehold kr/år	Varighet i år
Grønt tak - enkelt	115	51.4	2.7	68 8	500	6	50
Grønt saltak, gatejuv i vinkel	115	51.4	7.0	68 8	500	6	50
Grønt mansard tak	115	51.4	8.2	68 8	500	6	50
Grønt tak med en konvekst hjørne	115	51.4	6.5	34 4	500	6	50
Grønt tak med tre konvekse hjørner	115	51.4	6.5	49 2	500	6	50
Grønt tak med en konkavt hjørne	115	51.4	2.7	68 8	500	6	50
Grønt tak med en skrånende flate	115	51.4	3.7	68 8	500	6	50
Takbarriere mot gatejuv og bakrom	115	51.4	2.8	17 3	4000	200	10
Takbarriere 0,64m x 0.96m	115	51.4	0.8	11 5	4000	200	10

Når de grønne takene ligger lavere enn omkringliggende bygninger, eller når taket brukes som takterrasse slik at den kommer beboere, eller de som arbeider i bygningen til gode, har grønne tak også en estetisk verdi og bidrar til å øke kvaliteten av fellesområder. Der estetiske virkninger kommer til nytte, kan det ha stor betydning for nytteberegningene. For analysene i EU-prosjektet var det ikke klarlagt at beboere/brukere hadde noen slike fordeler av takene, og det er kun de rene støyvirkningene som er tatt med i analysene.

Verdsettingen av en støyreduksjon på mest eksponerte side er på NOK₂₀₀₅ ;238 per dBA og år (SVV 2006). Med en diskonteringsrente på 3% og prosjekthorisont 50 år, får vi følgende fordelinger av nyttekostnadsbrøkene.



Nyttekostnadsbrøkfordelinger. Blå områder viser percentiler (5%, 20%, 35% og 50%). 50 000 Monte Carlo simuleringer.

Fordelingene er basert på simuleringer der en lar verdsettingen av støy variere med et standardavvik på $\pm 30\%$ av punktestimatet, enhetspriser med $\pm 60\%$, vedlikeholdskostnadene med $\pm 20\%$ og beregnet antall beboere som trekker nytten av tiltaket med $\pm 15\%$.

Alle de ekstensive takløsninger viser seg å være samfunnsøkonomisk lønnsomme — de gir større anslått nytte enn det de koster å anlegge. Mansardtaket, grønt tak med ett, og tre konvekse hjørner, var eksempler på løsninger der beregnet nytte er mer enn dobbelt så høye som kostnaden. Så å si hele fordelingen av nyttekostnadsbrøkene for disse løsningene ligger innenfor området for økonomisk lønnsomhet – det er lite sannsynlig at en vil tape på å implementere tiltaket. De intensive takene kom imidlertid dårlig ut. De kostet langt mer enn de smakte. Takbarrierene var plassert såpass høyt over gateplan at de ikke ble regnet å gi noen estetisk nytte fra gate-/gårdsplan. Takområdene var heller ikke tatt i bruk slik at beboere/ansatte hadde noen glede av det som ellers kunne vært en takterrasse. Gitt at situasjonen hadde vært en annen kunne løsningene ha kommet bedre ut.

9 Formelt ansvar

Tradisjonelt har det vært størst oppmerksomhet omkring vegtrafikkstøy som en helseplage. Da ser vi oftest på situasjoner med høye eller midlere støyverdier. Grenseverdier og nivået hvor tiltak utløses er da interessante. Internasjonalt er det imidlertid også en økt interesse for også å se på områder som har helsefremmende egenskaper. Da er man på jakt etter områder som kan gi muligheter for å hente seg inn igjen – enten dette er fra en stressende hverdag, fra fysiske/psykiske lidelser, og/eller områder som kan gi rom for fysisk utfoldelse, eller være stimulerende og berikende. Initiativene vil her komme fra bygningseiere, strøksforeninger, boligsamvirker, boligeiere og utbyggere. Det er også interesse for å gi bygningene et grønt «image» og markedsføre løsningene overfor et moderne publikum.

Grønne tak kan imidlertid komme til anvendelse for å sikre beboere tilgang til områder som er skjermet for støy (MD 2012). Annen støyskjerming gjennomføres i Norge både som del av ny utbygging (ny veg eller nytt boligområde) eller som utbedringstiltak i eksisterende støyutsatte områder.

[Plan og bygningsloven](#) (MD 2008) og [Retningslinjer for behandling av støy i arealplanleggingen](#) (KMD 2021) med [veileder](#) (KMD 2021b), samt [Forurensningsforskriftens](#) del om støy (MD 2004) og Håndbok V135 (SVV 2014) gir mer utfyllende informasjon om ansvarsfordeling og ulike krav ved planlegging, prosjektering og gjennomføring.

10 Utfordringer og muligheter

En får evt. støygevinster «gratis» når grønne tak anlegges for å løse overvannsproblemer eller av estetiske grunner. Det er imidlertid grunn til å tro at en i dagens design og valg av løsninger ikke utnytter potensialet for støyreduksjoner og lydlandskapsforbedringer.

Når det gjelder bruk av vegetasjon som støydempende tiltak på fasader og tak i Norske byer, kan det oppstå problemer i forbindelse med eventuelle vanningsanlegg. Utforming av vanningsanleggene er kritisk, særlig med hensyn til å tåle norsk vinterklima. Denne problematikken er nå i søkelyset også internasjonalt, og bedre løsninger er under utvikling.

Det er viktig å velge vegetasjon som tåler forurensning, og som er tilpasset stedets lokalklimatiske forhold. Avhengig av valgt vegetasjon vil den støydempende effekten være noe redusert vinterstid, på grunn av redusert vegetasjon/bladverk. Men jordlaget i seg selv vil også ha en støydempende effekt.

11 Referanser

Amundsen, A. H., Aasvang, G. M. and Klæboe, R. 2010

The Norwegian facade insulation study: The efficacy of facade insulation in reducing noise annoyance due to road traffic. JASA, 129 (3), pp 1381-1389.

Attenborough, K., Bashir, I. and Taherzadeh, S. 2011

Outdoor ground impedance models. Journal of the Acoustical Society of America, 129 (5), pp

2806-2819.

Cook-Patton, S. C. and Bauerle, T. L. 2012

Potential benefits of plant diversity on vegetated roofs: A literature review. *Journal of Environmental Management*, 106, pp 85-92.

Dagsavisen 2012

Du grønne, glimrende tak, god dag. Artikkel i Dagsavisen 1. Oktober 2012.

Gidlöf-Gunnarsson, A. and Öhrström, E. 2010

Attractive «Quiet» Courtyards: A Potential Modifier of Urban Residents' Responses to Road Traffic Noise? *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 7 (9), pp 3359-3375.

HOSANNA 2013

Novel solutions for quieter and greener cities. HOSANNA summary brochure. EU Framework Programme FP7/2007-2013.

Klima og forurensningsdirektoratet (Klif) 2006

Veileder til forurensningsforskriftens kapittel 5 om støy. TA-2207/2006.

Klima- og miljødepartementet (KMD).

- 2004: Forskrift om begrensning av forurensning (forurensningsforskriften).
- 2008: Lov om planlegging og byggesaksbehandling (Plan- og bygningsloven) av 27. juni 2008.
- 2021: Retningslinjer for behandling av støy i arealplanleggingen. T-1442.
- 2021b: Veileder om behandling av støy i arealplanlegging. M-2061.

Kluizenaar, Y. D., Salomons, E. M., Janssen, S. A., Van Lenthe, F. J., Vos, H., Zhou, H., Miedema, H. M. E. and MacKenbach, J. P. 2011

Urban road traffic noise and annoyance: The effect of a quiet façade. *Journal of the Acoustical Society of America*, 130 (4), pp 1936-1942.

Madre, F., Vergnes, A., Machon, N. and Clergeau, P. 2014

Green roofs as habitats for wild plant species in urban landscapes: First insights from a large-scale sampling. *Landscape and Urban Planning*, 122, pp 100-107.

Metselaar, K. 2012

Water retention and evapotranspiration of green roofs and possible natural vegetation types. *Resources, Conservation and Recycling*, 64, pp 49-55.

Noreng, K., Kvalvik, M., Busklein, J. O., Ødegård, I. M., Clewing, C. S. og French, H. K. 2012

Grønne tak. Resultater fra et kunnskapsinnhentingsprosjekt. Trondheim: SINTEF Byggforsk. SINTEF prosjektrapport 104.

Rowe, D. B. 2011

Green roofs as a means of pollution abatement. *Environmental Pollution*, 159 (8-9), pp 2100-2110.

Speak, A. F., Rothwell, J. J., Lindley, S. J. and Smith, C. L. 2012
Urban particulate reduction by four species of green roof vegetation in a UK city. *Atmospheric Environment*, 61, pp 283-293.

Statens vegvesen, Vegdirektoratet (SVV)

- 2008a: Veileder for lokale støyskjermer. Oslo, Utbyggingsavdelingen og Miljøseksjonen, Vegdirektoratet. UTB Rapport nr. 2008/13.
- 2014: [Fasadeisolering mot støy](#). Oslo, Statens vegvesen Vegdirektoratet. Håndbok V135.

Van Renterghem, T. and Botteldooren, D. 2010
The importance of roof shape for road traffic noise shielding in the urban environment. *Journal of Sound and Vibration*, 329 (9), pp 1422-1434.

Van Renterghem, T. and Botteldooren, D. 2011
In-situ measurements of sound propagating over extensive green roofs. *Building and Environment*, 46 (3), pp 729-738.

Van Renterghem, T., Hornikx, M., Forssen, J. and Botteldooren, D. 2013
The potential of building envelope greening to achieve quietness. *Building and Environment*, 61, pp 34-44.

Veisten, K., Smyrnova, Y., Klæboe, R., Hornikx, M., Mosslemi, M. and Kang, J. 2012
Valuation of green walls and green roofs as soundscape measures: Including monetized amenity values together with noise-attenuation values in a cost-benefit analysis of a green wall affecting courtyards. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 9 (11), pp 3770-3778.

WHO. 2011
Burden of Disease from Environmental Noise. Copenhagen: World Health Organization Regional Office for Europe.

Yang, J., Yu, Q. and Gong, P. 2008
Quantifying air pollution removal by green roofs in Chicago. *Atmospheric Environment*, 42 (31), pp 7266-7273.

Öhrström, E., Skånberg, A., Svensson, H. and Gidlöf-Gunnarsson, A. 2006
Effects of road traffic noise and the benefit of access to quietness. *Journal of Sound and Vibration*, 295 (1-2), pp 40-59.