2019-10-15 (REVIDERAD 2019-11-21 OCH 2022-01-07)
SKÖVDE KOMMUN

UTREDNING AV BULLER, LUFTKVALITET, LUFTSTÖTVÅG OCH VIBRATIONER FÖR KVARTERET VADDEN

RAPPORT

COWI

ADRESS COWI AB
Skärgårdsgatan 1
Box 12076
402 41 Göteborg

TEL 010 850 10 00
FAX 010 850 10 10
WWW cowi.se

OKTOBER 2019
REVIDERAD FÖRSTA GÅNGEN NOVEMBER 2019
REVIDERAD ANDRA GÅNGEN JANUARI 2022
SKÖVDE KOMMUN

UTREDNING AV BULLER, LUFTKVALITET, LUFTSTÖTVÅG OCH VIBRATIONER FÖR KVARTERET VADDEN

RAPPORT

PROJEKTNR.	DOKUMENTNR.
A127451	A127451-4-02-RAP/001

VERSION	UTGIVNINGSDATUM	BESKRIVNING	UTARBETAD	GRANSKAD	GODKÄND
1.0	2019-10-15 Rev 2019-11-21 Rev 2022-01-07	Rapport	Anna Bjurbäck, Anna Björklund, Fredrik Lesell, Ken Grønne Andersen, Maria Holmes, Martina Frid	Frida Lindstein, Christine Achberger	Marie Haeger-Eugensson

INNEHÅLL

1 Sammanfattning 7

2 Bakgrund 8

3 Syfte med uppdraget 9
3.1 Buller 9
3.2 Luftstötvåg och vibrationer 10
3.3 Luft 10

4 Planförslaget 10

5 Riktvärden, standarder och författningar 11
5.1 Buller 11
5.2 Vibrationer 16
5.3 Luftstötvåg 17
5.4 Luft 18

6 Underlag och metod 19
6.1 Buller 21
6.2 Vibrationer 23
6.3 Luftstötvåg 29
6.4 Luft 30

7 Resultat och bedömning 34
7.1 Buller 34
7.2 Vibrationer 46
7.3 Luftstötvåg 48
7.4 Luft 48

8 Referenser 56

BILAGOR

Bilaga A Miskam-modellen

Bilaga B TAPM-modellen

Bilaga C ADMS-modellen

Bilaga D Trafikbuller

1 Sammanfattning

Buller

Buller från vägtrafik
Resultaten från trafikbullerutredningen visar att bullernivåer utomhus vid fasad ligger under riktvärdet för ekvivalent ljudnivå vid fasad på 60 dBA med marginal. För uteplatser visar beräkningar att den delen av området i planområdets norra del som har markerats för lek och umgänge och även andra delar klarar riktvärden för ekvivalent och maximal ljudnivå vid uteplats. Det innebär att samtliga boenden kommer att ha tillgång till en uteplats med tillräckligt bra ljudkvalité.

Industri- och verksamhetsbuller
Bedömningen av industri- och verksamhetsbuller har gjorts utifrån en granskning av de senaste fem års miljörapporter samt bullerberäkningar och mätningar som tidigare har gjorts på verksamheten. En bullerutredning av en utökad täktverksamhet visar inte på någon risk för bullernivåer över gällande riktvärden för bostäder i planområdet.

Två olika utredningar av buller från själva cementfabriken visade att bullernivåer i kontrollpunkten som ligger vid planområdet inte överskred villkoren i tillståndet under mättiderna och att de uppmätta nivåerna också ligger inom Boverkets riktvärden för bostäder i Zon A.

Riktvärden för bostäder inom Zon A är dock 5 dBA lägre än villkoren för buller under dag- och kvällstid i tillståndet för Cementfabriken. Detta innebär att det finns en risk att bullernivåer vid fasader inom planområdet under dag- och kvällstid kan komma att överskrida riktvärden för Zon A om verksamheten vid Cementfabriken ändras på ett sätt som medför högre bullernivåer än dagens. Bostäderna bör därför bedömas utifrån riktvärdena för Zon B, vilket ställer krav på att det ska finnas tillgång till en ljuddämpad sida och att byggnader bulleranpassas. Ett exempel på en utformning som skapar en ljuddämpad sida är lamellhus. Med långsida riktad mot Cementfabriken kan man räkna med en minskning på cirka 10 dBA mellan exponerad sida och ljuddämpad sida på grund av avskärmning från själva huskroppen. Ljudnivåerna på lamellhusens norrsida bör därför kunna klara riktvärden för ljuddämpad sida. Uteplatsen får också placeras på den sida.

Samlad bedömning av buller
En samlad bedömning av buller från trafik- och industribuller från beräkningar i denna utredning samt en genomgång av befintligt underlag för industribuller indikerar att bullernivåer vid fasad och på uteplatser klaras för trafikbuller. För att säkerställa att buller från cementfabriken inte blir för högt i framtiden vid en eventuell ändrad verksamhet bör man utgå från riktvärden i Zon B som ställer krav på ljuddämpad sida och att bostäderna bulleranpassas.

Vibrationer och luftstötvåg

Vibrationer från täktverksamhet
Vibrationer från sprängningsinducerade vibrationer inom närliggande täkt på aktuellt avstånd bedöms inte ge några problem i planerad bebyggelse.

Vibrationer från vägtrafik
Inga problem från vibrationer från närliggande väg bedöms föreligga.

Luftstötvåg från täktverksamhet
Genomförda mätningar för täktverksamheter ger för handen att störningar från luftstötvågor vid sprängningar i kalkbrottet inte bedöms vara aktuella.

Luft
Emissioner från vägtrafik, samt emissioner från Cementas verksamhet (diffus damning och övriga emissioner från fabriksområdet) har spridningsberäknats. Till resultaten har den uppskattade urbana bakgrundshalten adderats, för att erhålla totalhalter för kvarteret Vadden för ett nuläge och prognosåret 2035. Den sammanlagda påverkan från vägtrafik och Cementa bedöms inte medföra överskridanden av varken MKN eller miljökvalitetsmål.

2 Bakgrund

Skövde kommun avser att upprätta *Detaljplanen för utökning av kv Vadden.* Detaljplaneförslaget ska möjliggöra en byggnation av två punkthus i 6 våningar, ca 22 lägenheter per hus. Idag är större delen av planområdet planlagt som ”parkmark” i befintlig plan *Detaljplan för kv Vadden mm*, laga kraft 2006-01-02. För att det ska vara möjligt att bygga bostäder inom planområdet behöver en ny detaljplan upprättas.

Planområdet är ca 0,6 ha stort och består till största delen av en gräsyta. I planområdets västra del finns en befintlig bäck/dike med omgivande naturmark och trädbevuxna kanter. Södra Bergvägen som utgör södra gränsen för planområdet sammanbinder södra delen av centrala staden med Billingssluttningen och Billingens fritidsområde. Söder om Södra Bergvägen finns cementfabriken Cementa AB ("Cementa"). Norr om planområdet finns bostadsbebyggelse. Väster om planområdet finns tre stycken punkthus i 6 våningar.

Ca 120 meter från planområdet i öster, sträcker sig Vadsboleden.



Figur 1. *Planområdets ungefärliga utsträckning markerad med blått. Bild från uppdragsbeskrivningen [1].*

Vägporten vid Södra Bergvägen under Vadsbovägen har det senast året fått en ökad frihöjd. Anledningen är att möjliggöra passage för bussar i linjetrafik och andra transporter med maxhöjd upp till 3,6 meter. Tidigare har närliggande bostadsområden exempelvis inte kunnat försörjas av linjetrafik. Bullerutredningen ska ta med i beräkningen att större fordon kommer passera området.

Tillåten hastighet på Södra Bergvägen är skyltad 40 km/h. Öster om planområdet, vid vägporten, finns ett hastighetsdämpande övergångsställe som i viss mån reducerar hastigheten mellan korsningen Södra Bergvägen/Falkvägen och Vadsbovägen. En hastighetsdämpande åtgärd kommer vara kvar för biltrafik även i framtiden utmed Södra Bergsvägen. Troligt att emellertid att den nuvarande hastighetsdämpande övergångstället byts ut till en ”busskudde”.

3 Syfte med uppdraget

3.1 Buller

Syftet med utredningen är att utreda förutsättningarna och eventuella förslag till åtgärder för att klara riktvärdena för trafik- och industribuller. För trafikbuller ska beräkningar göras enligt gällande lagstiftning, Förordning 2015:216 (inkl SFS 2017:359) om trafikbuller vid bostadsbyggnader. För industribuller ska bullerutredningen redovisa om/på vilket sätt planområdet är exponerat av verksamhets-/industribuller. Bullerutredningen ska beskriva eventuella åtgärder som kan vara aktuella för att skydda bostäderna och för att klara riktvärdena för trafik- och industribuller.

I bullerutredningen ska resultaten och bedömningen för de olika bullerkällorna redovisas separat och det ska skrivas en samlad bedömning av ljudförhållandena, det vill säga en analys av vad de olika bullernivåerna kan få för total bullerpåverkan.

3.2 Luftstötvåg och vibrationer

Syftet med föreliggande undersökning är att utreda vilken påverkan från närliggande vägtrafik och pågående verksamhet i Cementas kalkbrott i Skövde och ifall nu gällande täkttillstånd fortsatt kan uppfyllas även efter planerad nybyggnation.

3.3 Luft

Syftet med luftkvalitetsutredningen är att utreda hur planområdet påverkas av luftföroreningarna kvävedioxid (NO_2) och stoft/damning (PM_{10}), och att bedöma huruvida miljökvalitetsnormerna för luft klaras.

4 Planförslaget

Planområdet ligger i Skövde, söder om Billingssluttningen och norr om en cementfabrik med tillhörande bergtäkt. Planförslaget innebär nya byggnader för bostäder. Gällande förslag innehåller byggnation av två punkthus i 6 våningar och 23 lägenheter per hus enligt situationsplan i Figur 2.



Figur 2. *Situationsplan för kvarteret Vadden (version 2019-06-13), planområdets ungefärliga utformning är markerad.*

5 Riktvärden, standarder och författningar

5.1 Buller

5.1.1 Trafikbuller

Nybyggnation av bostäder

Riktvärden för planer avseende trafikbuller utomhus inför nybyggnation av bostäder startade den 2 januari 2015 eller senare ges i SFS 2015:216. Den 11 maj 2017 beslutade regeringen om en höjning av riktvärdena för buller från väg- och spårtrafik vid bostäder (SFS 2017:359). Det befintliga riktvärdet på 55 dBA höjdes till 60 dBA och riktvärdet för små bostäder (upp till 35 m²) höjdes från 60 dBA till 65 dBA. Ändringarna trädde ikraft den 1 juli 2017 men avser även planer startade den 2 januari 2015 eller senare.

Förordningen ska tillämpas vid bedömningen av om kravet på förebyggande av olägenhet för människors hälsa i fråga om omgivningsbuller är uppfyllt vid planläggning. Förordningen anger också vilka åtgärder som bör vidtas vid förhöjda bullervärden.

Förordningen är meddelad med stöd av 9 kap. 12 § miljöbalken samt kopplar till plan- och bygglagen genom bestämmelserna i 3–8 § i förordningen som ska tillämpas vid bedömningen av om kravet på förebyggande av olägenhet för människors hälsa i 2 kap. 6 a § plan- och bygglagen är uppfyllt. Med hänsyn till det bedöms riktvärdena i förordningen motsvara lagstiftarens bedömning om när risk för människors hälsa föreligger. Figur 3 visar gällande riktvärden enligt trafikbullerförordningen.

Buller från spårtrafik och vägar

3 § Buller från spårtrafik och vägar bör inte överskrida
1. 60 dBA ekvivalent ljudnivå vid en bostadsbyggnads fasad, och
2. 50 dBA ekvivalent ljudnivå samt 70 dBA maximal ljudnivå vid en uteplats om en sådan ska anordnas i anslutning till byggnaden.

För en bostad om högst 35 kvadratmeter gäller i stället för vad som anges i första stycket 1 att bullret inte bör överskrida 65 dBA ekvivalent ljudnivå vid bostadsbyggnadens fasad. Förordning (2017:359).

4 § Om den ljudnivå som anges i 3 § första stycket 1 ändå överskrids bör
1. minst hälften av bostadsrummen i en bostad vara vända mot en sida där 55 dBA ekvivalent ljudnivå inte överskrids vid fasaden, och
2. minst hälften av bostadsrummen vara vända mot en sida där 70 dBA maximal ljudnivå inte överskrids mellan kl. 22.00 och 06.00 vid fasaden.

Vid en sådan ändring av en byggnad som avses i 9 kap. 2 § första stycket 3 a plan- och bygglagen (2010:900) gäller i stället för vad som anges i första stycket 1 att minst ett bostadsrum i en bostad bör vara vänt mot en sida där 55 dBA ekvivalent ljudnivå inte överskrids vid fasaden.

5 § Om den ljudnivå om 70 dBA maximal ljudnivå som anges i 3 § första stycket 2 ändå överskrids, bör nivån dock inte överskridas med mer än 10 dBA maximal ljudnivå fem gånger per timme mellan kl. 06.00 och 22.00.

Figur 3. Riktvärden för trafikbuller, SFS 2015:216 och SFS 2017:359.

Kort sammanfattat innebär förordningen följande:

- Riktvärdet klaras för större bostäder (över 35 m^2) om dygnsekvivalent nivå vid fasad inte överskrider 60 dBA
- För mindre bostäder om högst 35 kvm gäller istället 65 dBA dygnsekvivalent nivå vid fasad
- Där dygnsekvivalent nivå vid fasad överskrider riktvärdet ska hälften av bostadsrummen nå sida om dygnsekvivalent nivå om 55 dBA och maximal nivå nattetid om 70 dBA
- Uteplats, om sådan skall uppföras, ska klara ekvivalent nivå om 50 dBA och 70 dBA maximal nivå. Avsteg finns för maximal ljudnivå.
- Ingen övre gräns för bullerutsatt fasad om "tystare" sida kan lösas för hälften av bostadsrummen.

Befintliga bostäder

Riktvärden för befintliga bostäder utgår från infrastrukturpropositionen 1996/97:53 och sammanfattas till följande i enlighet med Naturvårdsverkets vägledning Riktvärden för buller från väg och spårtrafik vid befintliga bostäder från 2026 reviderad 2017.

- Ekvivalent ljudnivå 55 dBA vid bostadsfasad för buller från väg och 60 dBA vid buller från spårtrafik.
- Ekvivalent ljudnivå 55 dBA vid uteplats för buller från väg- och spårtrafik
- Maximal ljudnivå 70 dBA vid uteplats för buller från väg- och spårtrafik. Får endast överskridas maximalt 5 gånger per timme under dag- och kvällstid (kl. 06-22).

Enligt praxis för äldre befintliga miljöer, finns det specifika åtgärdsnivåer för att bedöma om åtgärder ska övervägas. Åtgärdersnivåerna gäller beroende på byggnadernas byggnadsår. Om byggnaden har ett byggnadsår från 1997 eller äldre, klassas byggnaden som "äldre befintlig miljö" vilket i sin tur omfattas av högre åtgärdsnivåer, se Tabell 1.

Tabell 1. Åtgärdsnivåer enligt Naturvårdsverkets vägledning Riktvärden för buller från väg och spårtrafik vid befintliga bostäder.

	~2015 och framöver "nya bostadsbyggnader" [IV]	1997 - ~2015 "nyare befintlig miljö"	- 1997 "äldre befintlig miljö"
Buller från väg, vid fasad	Se planbeskrivning eller bygglov	55 dBA Leq_{24h}	65 dBA Leq_{24h}
Buller från spår, vid fasad	Se planbeskrivning eller bygglov	60 dBA Leq_{24h}	*55 dBA[I] Lmax inomhus natt*
Buller från väg och spår, uteplats	Se planbeskrivning eller bygglov	55 dBA[II] Leq_{24h} 70 dBA[III] Lmax	-

[I] Tidsvägning Fast. Värdet inomhus får överskridas maximalt 1-5 ggr/årsmedelnatt i rum för sömn och vila (sovrum), kl. 22-06[5].
[II] Varken propositionen eller praxis har någon tydlig angivelse för ekvivalent nivå för vägbuller vid uteplats. Enligt Naturvårdsverket är en tänkbar nivå för att nå en god miljökvalitet 55 dBA Leq24h (samma som för spår samt ambitionsnivå enligt anknytande dokument från centrala myndigheter[6]). Det kan även noteras att 50 dBA Leq bör underskridas vid en uteplats vid nya bostadsbyggnader för att undvika olägenhet för människors hälsa enligt trafikbullerförordningen.
[III] Tidsvägning Fast. Får överskridas max 5 ggr/genomsnittlig maxtimme, dag och kväll (kl. 06-22)[7]
[IV] Se 26 kap. 9a§ miljöbalken.

5.1.2 Industribuller

För nya bostäder där detaljplan eller bygglov påbörjats efter den 2 januari 2015 görs olägenhetsbedömning enligt Boverkets vägledning om industri- och annat verksamhetsbuller vid planläggning och bygglovsprövning av bostäder från 2015 [2]. Enligt Boverkets vägledning är utgångspunkt för olägenhet vid bostäder 50 dBA dagtid (kl 06-18), 45 dBA kvällstid (kl 18-22) och 45 dBA nattetid (kl 22-06). Nivåerna gäller utomhus vid fasad.

Boverket har delat in ny bostadsbebyggelse i tre kategorier beroende på exponering. I Zon A bör bostadsbebyggelse kunna accepteras i planering och bygglovgivning utan bulleranpassad utformning av bebyggelsen. Tabell från Boverkets vägledning ses i Tabell 2.

Tabell 2. Högsta ljudnivå från industri/annan verksamhet. Frifältsvärde utomhus vid bostadsfasad.

	L_{eq} dag (06–18)	L_{eq} kväll (18–22)	L_{eq} natt (22–06)
		Lördagar, söndagar och helgdagar L_{eq} dag + kväll (06–22)	
Zon A* Bostadsbyggnader bör kunna accepteras upp till angivna nivåer.	50 dBA	45 dBA	45 dBA
Zon B Bostadsbyggnader bör kunna accepteras förutsatt att tillgång till ljuddämpad sida finns och att byggnaderna bulleranpassas.	60 dBA	55 dBA	50 dBA
Zon C Bostadsbyggnader bör inte accepteras.	>60 dBA	>55 dBA	>50 dBA

*För buller från värmepumpar, kylaggregat, ventilation och liknande yttre installationer gäller värdena enligt tabell 2.

Utöver ovan skriver Boverket följande:

- Maximala ljudnivåer (L_{Fmax} > 55 dBA) bör inte förekomma nattetid klockan 22–06 annat än vid enstaka tillfällen. Om de berörda byggnaderna har tillgång till en ljuddämpad sida avser begränsningen i första hand den ljuddämpade sidan.

- Vissa ljudkaraktärer är särskilt störningsframkallande. I de fall verk-samhetens buller karakteriseras av ofta återkommande impulser som vid nitningsarbete, lossning av metallskrot och liknande, eller innehåller ljud med tydligt hörbara tonkomponenter, bör värdena i tabellen sänkas med 5 dBA.

- I de fall den bullrande verksamheten endast pågår en del av någon av tidsperioderna ovan, eller om ljudnivån från verksamheten varierar mycket, bör den ekvivalenta ljudnivån bestämmas för den tid då den bullrande verksamheten pågår. Dock bör den ekvivalenta ljudnivån bestämmas för minst en timme, även vid kortare händelser.

Om ljudnivåer för Zon A inte klaras kan bostadsbyggnader ändå tillåtas i Zon B om ljudnivåer för ljuddämpad sida uppfylls, se Tabell 3.

Tabell 3. *Högsta ljudnivå från industri/annan verksamhet på ljuddämpad sida. Frifältsvärde utomhus vid bostadsfasad och uteplats.*

	L_{eq} dag (06–18)	L_{eq} kväll (18–22)	L_{eq} natt (22–06)
Ljuddämpad sida	45 dBA	45 dBA	40 dBA

För befintliga bostäder gäller Cementas tillstånd. Cementa har villkor för buller i två tillstånd – en för täktverksamheten och en för Cementfabriken. Cementa ansökte om utökat täktverksamhet år 2012. Cementa meddelades tillstånd för utökad täktverksamhet av Mark- och miljödomstolen i dom M770-15 den 21 mars 2016. Villkor 5 i domen lyder följande:

> Buller från täktverksamheten ska begränsas så att det inte ger upphov till högre ekvivalenta ljudnivåer utomhus vid bostadshus än:
>
> - 50 dBA dagtid (helgfri måndag-fredag 07-18)
> - 45 dBA kvällstid (18-22) samt dagtid lör-, sön-, och helgdagar (07-18)
> - 40 dBA nattetid (22-07)
>
> Den momentana ljudnivån nattetid (kl. 22-07) får inte överstiga 55 dBA.

Tillståndet för buller från täktverksamheten under dag- och kvällstid ligger på samma nivå enligt det nya tillståndet som riktvärden för nya bostäder i zon A. Nivån i tillståndet under nattetid ligger 5 dBA lägre är Boverkets riktvärde. Observera också att nattetid sträcker sig till kl. 07 på morgon i tillståndet istället för kl. 06 i Boverkets riktlinjer.

Aktuella villkor för cementfabriken avseende externt buller för verksamheten har meddelats i Deldom 2004-10-21 Vänersborgs Tingsrätt Mål nr M 3064-03. Bullervillkoren för Cementfabriken är följande:

Bullret från verksamheten får som riktvärde inte överskrida följande ekvivalenta ljudnivåer utomhus vid bostäder, med undantag för Våmbs by riktvärde:

- Dagtid (kl. 07:00-18:00) 55 dBA
- Kvällstid (kl. 18:00-22:00) 50 dBA
- Nattetid (kl. 22:00-07:00) 45 dBA

Den momentana ljudnivån på grund av verksamheten får nattetid vid bostäder uppgå till högst 55 dBA. Ovan angivna värden skall sänkas med 5 dBA-enheter om bullret innehåller impulsljud eller hörbara tonkomponenter.

Tillståndet för buller från cementfabriken är 5 dBA högre än Boverkets riktvärden under dag- och kvällstid, men ligger på samma nivå under nattetid. Observera dock att nattetid sträcker sig till kl. 07 på morgon i tillståndet istället för kl. 06 som i Boverkets riktlinjer.

5.2 Vibrationer

De primära källorna till vibrationer i området kring Kv. Vadden i Skövde härstammar från dels vägtrafik, dels bergarbeten med sprängning i det närliggande kalkbrottet. I de följande avsnitten redogörs för riktvärdena för de två vibrationskällorna individuellt.

5.2.1 Vibrationer från sprängning

Riktvärden för sprängningsinducerade vibrationer i byggnader beskrivs i Svensk Standard, SS 4604866 [3]. Riktvärdena är fastställda för att undvika skadliga vibrationer i byggnader. Standarden tar dock inte hänsyn till eventuella psykologiska effekter som sprängning kan ha på människor eller djur som uppehåller sig i byggnaderna. Standarden tar ej heller hänsyn till störningar i vibrationskänslig utrustning.

Riktvärdena [3] avser inkommande vibration i byggnadernas grundläggningsnivå och är baserad på omfattande erfarenhet gällande förhållandet mellan vertikal svängningshastighet och konstaterade skador i byggnader uppförda på olika undergrunder i Sverige.

Riktvärdena [3] är beroende av följande parametrar:

- V_0: Okorrigerad svängningshastighet i mm/s, beroende på typ av byggnadens undergrund
- F_b: Byggnadsfaktor som beaktar vibrationskänsligheten i byggnader
- F_m: Materialfaktor som beaktar vibrationskänsligheten i ingående byggnadsmaterial
- F_d: Avståndsfaktor som beaktar inverkan av avståndet mellan sprängplats och mätpunkt
- F_t: Verksamhetsfaktor som tar hänsyn till om sprängningsarbetena är kort- eller långvariga

Riktvärdena [3] bestäms utifrån följande formel:

$$v = v_0 \times F_b \times F_m \times F_d \times F_t$$

För en normal bostadsbyggnad uppförd i oarmerad betong, tegel, betonghålsten eller lättklinkerbetong, grundlagd på löst lagrad sand på ett avstånd av mer än 350 m från sprängplats, till exempel ett kalkbrott, resulterar detta i ett riktvärde på 6,75 mm/s.

I detta fall har Cementa blivit ålagda att uppfylla hårdare riktvärden under tiden för täkttillståndet enligt [4]. Riktvärde enligt täkttillståndet presenteras i Tabell 4. I täkttillståndet anges att för $v_{95\%}$ ska riktvärdet innehållas för 95% av alla sprängningar sett över ett år medan riktvärdena aldrig får överstiga v_{max}.

Riktvärdena enligt täkttillståndet är i samma storleksordning som riktvärdena enligt SS 460 48 66:2011 [3] vid grundläggning på löst lagrad sand och lera. Detta ska ställas i relation med den slutliga grundläggningen av planerad bebyggelse.

Tabell 4. Riktvärden för sprängningsinducerade vibrationer enligt täkttillstånd [4].

Byggnadstyp	$v_{95\%}$	v_{max}
Bostäder	4 mm/s	6 mm/s
Våmbs kyrka	3 mm/s	6 mm/s
Andra byggnader	Enligt SS 460 48 66:2011 [3]	

5.2.2 Vibrationer från vägtrafik

Riktvärden för komfortvibrationer i bostäder från vägtrafik presenteras i TDOK 2014:1021 [5] och redovisas i Tabell 5.

Tabell 5. Riktvärde för komfortvibrationer i bostäder [5]. Riktvärdena refererar till vibrationsnivåer nattetid (kl. 22-06) och får som mest överskridas 5 gånger per trafikmedelnatt.

Byggnadstyp	v_{max}, **vägd RMS**
Bostäder	0,4 mm/s

5.3 Luftstötvåg

Vid sprängning i kalkbrottet genereras tryckvågor som utbreder sig cirkulärt och påverkar omkringliggande byggnader. Riktvärden för luftstötvågor presenteras i SS 025210:1996 [6] och är 500 Pa på avstånd av över 20 m för maximalt reflektionstryck från sprängningsarbete. 500 Pa reflektionstryck motsvarar ca 250 Pa frifältstryck. Riktvärde för luftstötvåg enligt täkttillstånd [4] presenteras i Tabell 6.

I täkttillståndet anges att för $v_{95\%}$ ska riktvärdet innehållas för 95% av alla sprängningar sett över ett år medan riktvärdena aldrig får överstiga v_{max}. Riktvärdena i täkttillståndet refererar till frifältsvärden, för reflektionstryck ska frifältsvärdet multipliceras med en faktor 2.

Tabell 6. Riktvärde för luftstötvåg uttryckt som frifältsvärde vid sprängning [4] samt motsvarande värde uttryckt som reflektionstryck [6].

Byggnadstyp	$p_{95\%}$	p_{max}
Bostäder – frifältstryck enl. täkttillstånd	100 Pa	150 Pa
Bostäder – reflektionstryck	200 Pa	300 Pa

5.4 Luft

Primära källor till kvävedioxid och partiklar i området är vägtrafiken och täktverksamheten söder om planområdet. För partiklar finns normer och mål för både PM_{10} och $PM_{2,5}$. PM_{10} utgör alla partiklar som är mindre än 10 µm, på samma sätt utgörs $PM_{2,5}$ av alla partiklar som är mindre är 2,5 µm. $PM_{2,5}$ utgör således en delmängd av PM_{10}. Den största källan till $PM_{2,5}$ är avgaser från vägtrafiken, medan PM_{10} huvudsakligen härrör från väg- och fordonsslitage samt damning [7].

5.4.1 Miljökvalitetsnormer

I samband med att Miljöbalken trädde i kraft den 1 januari 1999 infördes miljökvalitetsnormer (MKN) som ett nytt styrmedel i svensk miljörätt. Systemet med MKN regleras framförallt i Miljöbalkens femte kapitel. Till skillnad mot gränsvärden och riktvärden skall MKN enbart ta fasta på vad människan och naturen tål utan hänsyn till ekonomiska intressen eller tekniska förhållanden. En norm kan meddelas om det behövs i förebyggande syfte eller för att varaktigt skydda människors hälsa eller miljön. De kan även användas för att återställa redan uppkomna skador på miljön. MKN gäller i utomhusluft med undantag av väg- och spårtunnlar och arbetsplatser till vilka allmänheten inte har tillträde [8]. Gällande miljökvalitetsnormer för NO_2, PM_{10} och $PM_{2,5}$ i utomhusluft redovisas i Tabell 7.

Tabell 7. Miljökvalitetsnormer för utomhusluft enligt Luftkvalitetsförordningen [8].

Förorening	**Medelvärdes-period**	**Miljökvalitets-norm (µg/m³)**	**Antal tillåtna överskridanden per år**
NO_2	Timme Dygn År	90 60 40	175 timmar [1)] 7 dygn -
PM_{10}	Dygn År	50 40	35 dygn -
$PM_{2,5}$	År	25	-

1) Förutsatt att föroreningsnivån aldrig överstiger 200 µg/m³ under en timme mer än 18 gånger per kalenderår.

Kommuner och myndigheter bär huvudansvaret för att MKN följs, men verksamhetsutövare har också ett visst ansvar. Ansvaret ökar med verksamhetens storlek och miljöpåverkan. MKN ska följas när kommuner och myndigheter planlägger, bedriver tillsyn och ger tillstånd till att driva anläggningar [9].

5.4.2 Miljökvalitetsmål

Det svenska systemet med miljökvalitetsmål innehåller ett generationsmål, sexton miljökvalitetsmål och tjugofyra etappmål. Generationsmålet anger inriktningen för den samhällsomställning som behöver ske inom en generation för att miljökvalitetsmålen ska nås. Miljökvalitetsmålen beskriver det tillstånd i den svenska miljön som miljöarbetet ska leda till. Det finns även preciseringar av miljökvalitetsmålen. Preciseringarna förtydligar målen och används i det löpande uppföljningsarbetet av målen.

Ett av målen, Frisk luft, berör direkt halter i luft av olika föroreningar. Miljökvalitetsmålet Frisk luft definieras enligt följande: *Luften ska vara så ren att människors hälsa samt djur, växter och kulturvärden inte skadas*. För miljökvalitetsmålet Frisk luft finns preciseringar i form av halter av luftföroreningar som inte ska överskridas. Se Tabell 8 för preciseringar för NO_2, PM_{10} och $PM_{2.5}$. Miljökvalitetsmålen ska nås senast år 2020.

Tabell 8. Preciseringar avseende kvävedioxid (NO_2) och partiklar (PM_{10} och $PM_{2.5}$) för miljökvalitetsmålet Frisk luft.

Förorening	**Medelvärdesperiod**	**Miljökvalitetsmål (µg/m³)**	**Antal tillåtna överskridanden per år**
NO_2	Timme År	60 20	175 timmar -
PM_{10}	Dygn År	30 15	35 dygn -
$PM_{2.5}$	Dygn År	25 10	35 dygn -

Miljökvalitetsmålen utgör en riktning och vägledning åt kommuner och länsstyrelser vart det framtida miljöarbetet ska sikta mot. Även om miljökvalitetsmålen inte är juridiskt bindande så som MKN, kan överskridanden av miljökvalitetsmålen innebära en begränsning i framtiden, beroende på hur dessa tolkas av myndigheterna och därmed vilken praktisk betydelse dessa får.

6 Underlag och metod

Underlag till beräkningar har delvis levererats från Skövde kommun, och delvis från andra källor. Följande underlag har levererats av Skövde kommun:

- Plankarta från Skövde bostäder illustrations skiss (lev 2019-06-28)
- Kartmaterial inklusive befintliga byggnader och vägar (lev 2019-06-28)
- Höjddata i form av laserdata (lev 20190704)
- Ortofoto (lev 20190812)
- Trafikdata från olika källor (se Tabell 9)
- Situationsplan kv Vadden (lev 20190613)

Övrigt underlag som har använts i ett eller fler av delutredningarna är:

- Miljörapporter 2013 tom 2018 inklusive resultat från bullerutredningar, från Länsstyrelsen i Västra Götalands Län
- Ansökan om utökad täktverksamhet år 2012 samt bilagor, från Cementa (inklusive en bullerutredning)

› Kontrollpunkter för övervakning av buller m.m., från Cementa

› Spridningsberäkningar av kväveoxider utförd 2003, från Cementa

Trafikunderlaget är gemensamt för de olika utredningarna. Trafiksiffror har hämtats från en tidigare trafikbullerutredning, slang- och radarmätningar, samt NVDB för de statliga vägarna. Se Tabell 9 för utförliga vägtrafiksiffror. Ingen generell alstring från detaljplanen har inkluderats i trafikunderlaget, dock har uppräkning av trafiken gjorts. Den framtida situationen har ansatts till år 2035 enligt rekommendationer från Boverket om ca 15 års framförhållning, vilket varit baserade på trafikuppgifter från kommunen.

Tabell 9. Trafikunderlag till utredningarna (se längst ner i tabellen för källa).

ID	Väg	ÅDT Nu	ÅDT 2035	Andel tung trafik	Hastighet (km/h)	Källa
1	Alphyddevägen (N. Bergv. – Regnbågsv./Snöv.)	2 800	4 000	3%	40	A
2A	Norra Bergvägen (Alphyddev. – Dalav.)	3 100	4 200	5%	40	B
2B	Norra Bergvägen (Dalav. – G:a Kungsv.)	6 900	8 100	5%	40	B
2C	Norra Bergvägen (G:a Kungsv. – Vadsbov.)	3 700	4 400	5%	40	B
2D	Norra bergvägen (Vadsbov. – Egnells v.)	3 400	4 000	4%	40	A
3A	Södra Bergvägen (Alphyddev. – Nya Brandtorpsv.)	1 100	1 400	2%	40	A
3B	Södra Bergvägen (Nya Brandtorpsv. – Falkv.)	1 600	1 900	2%	40	B
3C	Södra Bergvägen (Vadsbov. – Falkv.)	1 400	1 700	2%	40	C
3D	Södra Bergvägen (Vadsbov. – Varnhemsg.)	2 300	2 700	2%	40	C
4	Dalavägen (N. Bergv. – Ekängsv.)	4 200	4 900	5%	40	B
5A	Gamla Kungsvägen (Vadsbov. – N. Bergv.)	8 700	10 200	8%	40	B
5B	Gamla Kungsvägen (N. Bergv. – Billingtorpsv.)	1 000	1 200	4%	40	B
5C	Gamla Kungsvägen (Billingtorps. – Falkv.)	500	600	4%	40	C
10A	Majorsgatan (Vadsbov. – Ekängsv.)	13 400	15 700	12%	40	B
10B	Majorsgatan (Ekängsv. – Käpplundav.)	9 700	11 300	12%	40	B
11	Badhusgatan (Majorsg. – Egnells v.)	7 800	9 200	11%	40	B
12A1	Vadsbov. (Hallenb.rondellen – Arenarondellen)	19 000	22 300	9%	40	B
12A2	Vadsbov. (Hallenb.rondellen – Arenarondellen)	19 000	22 300	9%	70	B
12B	Vadsbov. (Arenarondellen – Badhusrondellen)	19 800	23 200	8%	70	B
12C	Vadsbov. (Badhusrondellen – Norrmalmsrondellen)	21 400	25 100	8%	70	B
13A	Nya Brandtorpsvägen (S. Bergv. – Vårv.)	800	900	8%	40	B
13B	Nya Brandtorpsvägen (från Vårv.)	800	900	8%	70	B
20	Alphyddevägen (Regnbågsv./Snöv. – rondellen)	2 000	3 600	5%	40	B
30A	Falkvägen (söder om N. Bergv.)	200	300	2%	40	C
30B	Falkvägen (norr om G:a Kungsv.)	200	200	2%	40	C
30C	Falkvägen (S. Bergv. – G:a Kungsv.)	300	400	2%	40	C
31A	Vintergatan (N. Bergv. – G:a Kungsv.)	200	300	2%	40	C
31B	Vintergatan (G:a Kungsv. – Ekel.)	200	200	2%	40	C
31C	Vintergatan (Ekel. – Falkv.)	200	200	2%	40	C
32	Vasagatan (Vasag. – Kåkindsg.)	1 700	2 000	4%	40	C
34	Skaravägen	12 800	15 000	8%	60	D
35	Falköpingsvägen	10 000	11 800	8%	50	D
36	Varnhemsgatan (Vasag. – S. Bergv.)	7 800	9 100	4%	40	A

A Radarmätning - 2035 uppräknat med 0,9% årlig ökning [10].

ID	Väg	ÅDT Nu	ÅDT 2035	Andel tung trafik	Hastig-het (km/h)	Källa

B Tidigare trafikbullerutredning för Billingen [11].
C Slangmätning - 2035 uppräknat med 0,9% årlig ökning [10].
D NVDB - 2035 uppräknat med 0,9% årlig ökning [12].

6.1.1 Tillkommande information om trafik efter 2019

Under 2021 planerades en busslinje utmed Södra vägen som går varje halvtimme vilket inte inkluderats i trafikunderlaget för beräkningarna. Busstrafik som går varje halvtimme innebär en ökning av tung trafik med 48 fordon, vilket inte var inkluderat i beräkningarna. Det bör dock inte påverka ljudnivåerna signifikant eftersom det krävs att ökningen av antal fordon är stor för att det ska höja ljudnivåerna. Exempelvis krävs det en fördubbling av totalt antal fordon för att höja ljudnivån med 3 dBA.

6.1 Buller

6.1.1 Trafikbuller

Beräkning av trafikbuller har gjorts med beräkningsprogrammet SoundPLAN version 8.0 (uppdatering 2019-03-12). Beräkningsprogrammet använder Naturvårdsverkets beräkningsmetoder för buller från vägtrafik (rapport 4653).

Trafikunderlag till trafikbullerberäkningar anges i Tabell 9.

Osäkerheten i beräknad ekvivalentnivå från vägtrafik beror bland annat på avståndet från vägen och är mindre än 1 dB på 50 m avstånd och upp till 3 dB på 200 m avstånd.

Den maximala ljudnivån avser beräknad ljudnivå från den femte bullrigaste fordonspassagen. Vid vägar med upp till 100 tunga fordon per dygn har maximal ljudnivå från personbilar använts vid beräkning av maximal ljudnivå för uteplats. Vid vägar upp till 200 tunga fordon per dygn har maximal ljudnivå från personbilar använts vid beräkning av maximal ljudnivå vid fasad nattetid.

Fasadberäkningar motsvarar frifältsvärden, utan reflektion från egen fasad, och visar ljudnivåer per våningsplan med ett avstånd på 5 meter mellan beräkningspunkter i sidled. Resultaten kan jämföras direkt med riktvärden vid fasad och även där balkonger är bostadens uteplats.

Beräkningsområdet anses vara mjuk mark bortsett vägar, parkering och vatten, som anses vara hård mark.

Beräkningar har gjorts för ett framtida scenario om år 2035 för vägtrafik där både befintliga byggnader och planerad byggnation för Kv. Vadden har inkluderats i beräkningarna.

6.1.2 Industri- och verksamhetsbuller

I denna utredning avser industribuller buller från cementfabriken som ligger söder och väster om planområdet. Själva Cementfabriken ligger cirka 350 meter söder om planområdet och täktområdet ligger cirka en kilometer väster om planområdet. Buller från Cementa härrör både från täktverksamheten (såsom avbaning av berget, borrning, sprängning, krossverksamhet och transport av stenmaterial), och från diverse anläggningar inom fabriksområdet, såsom ugnen som är den största bullerkällan enligt Cementa. Buller uppstår också genom transporter till och från fabriken.

I denna utredning görs inga beräkningar av industribuller utan en bedömning görs utifrån tillgängligt underlag från tillsynsmyndigheten (Länsstyrelsen) och Cementfabriken.

Cementa har kontrollpunkter för buller. Figur 4 visar kontrollpunkterna för fabriksområdet. Bullerkontrollpunkterna har en beteckning som börjar på B och punkt B7 är kontrollpunkten som ligger i anslutning till planområdet. Punkt M4 visar den största bullerkällan inom fabriksområdet, d.v.s. ugnen. Ugnen ligger ca 600 meter söder om planområdet.



Figur 4. Cementas kontrollpunkter för fabriksområdet

Cementa har också kontrollpunkter för täktverksamheten, se Figur 5. Punkter A, C och D är kontrollpunkter för buller. Den punkten som ligger närmast planområdet är punkt D som ligger strax söder om bostäder på Skytteledsvägen och cirka 400 meter väster om planområdet. Det finns inga fler bullerkontrollpunkter för täktverksamheten längre österut i närheten av planområdet. Avståndet till täkten med tillhörande transport och krossverksamhet är relativt stort till planområdet och verksamhetsområdet för täkten ligger i en

sänka jämfört med planområdet. Nivåskillnaden gör att bostäder längre österut avskärmas från buller från täktverksamheten.



Figur 5. Cementas kontrollpunkter för täktverksamheten

6.2 Vibrationer

Vid sprängning i exempelvis ett kalkbrott generas en impuls som överförs genom undergrunden till byggnader i närheten. Detta kan förorsaka skadliga vibrationer med bl.a. sättningar och skador i byggnaderna. Byggnader är som känsligast för lågfrekventa vibrationer. Frekvensområdet för skadliga vibrationer definieras till mellan 5 och 300 Hz [3].

Vägtrafik genererar vibrationer som färdas genom undergrunden och överförs till närliggande byggnader. Vibrationerna från vägtrafiken är lågfrekventa vilket är kännbart för människor. Frekvensområdet för kännbara vibrationer är definierat i SS 4604861 [13] till mellan 1 och 80 Hz.

6.2.1 Beräkningsmodell

Vibration från sprängning

Det finns flertalet metoder för att beskriva den maximala svängningshastigheten som en funktion av en skalfaktor som omfattar avståndet till sprängladdningen och laddningens storlek [14]. Svängningshastigheten för sprängningsinducerade vibrationer i en specifik punkt beskrivs ofta genom följande formel:

$$v = K\left(\frac{R}{Q^{½}}\right)^{-n} \quad (5.1)$$

där K och n är empiriska konstanter som bestäms vid regressionsanalys av vibrationsdata från mätningar av vibrationer från exempelvis provsprängningar. K beskriver sprängningens källstyrka och n beskriver den geometriska och geologiska dämpningen av vibrationen. R är avståndet i meter mellan sprängladdningens placering och den punkt där svängningshastigheten bestäms och Q är samverkande laddning i kilogram.

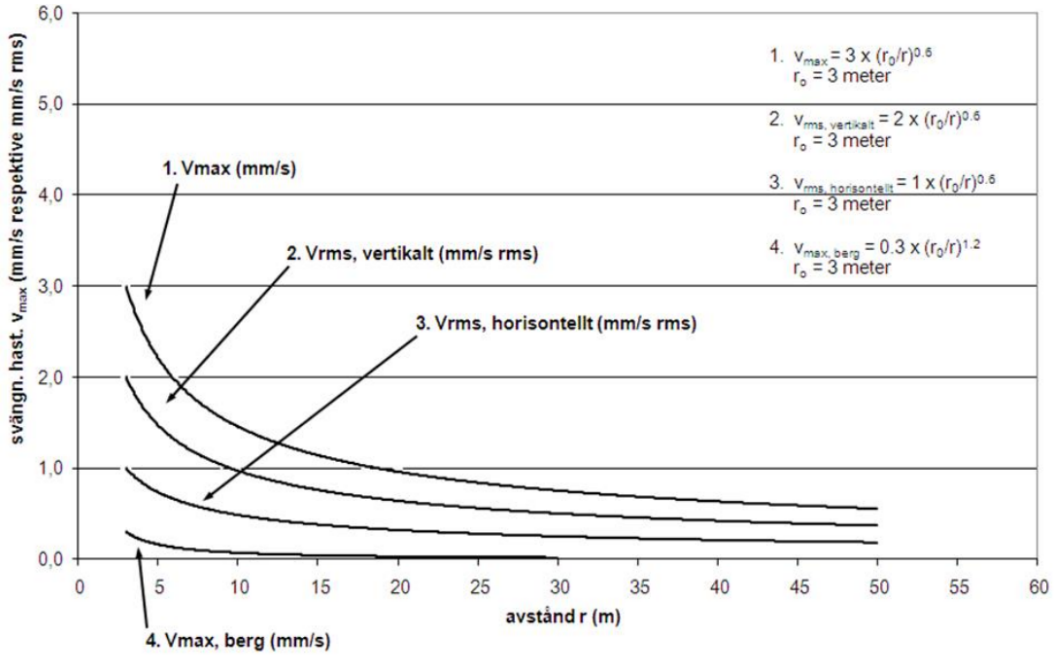
Som nämns i avsnitt 5.2.1 refererar riktvärdena för byggnadsskadliga vibrationer till vibrationsnivån i byggnadens grundläggningsnivå. När vibrationer överförs från undergrunden till grundläggningen förekommer en energiförlust i svängningarna. Enligt Nordtest [15] är förlusten i storleksordningen -2 dB för en byggnad utan källare, vilket motsvarar en faktor ca 0,8.

Vibrationer från vägtrafik

Erfarenheten visar att tung vägtrafik kan förorsaka problem med komfortvibrationer och stomljud i närliggande byggnader. Nivåerna av vibrationerna är i hög grad avhängiga av:

- Vägbanans tillstånd
- Fordonens hastighet och tyngd
- Undergrundens sammansättning.

Särskilt markförhållande har ett stort inflytande på hur människor påverkas av och upplever vibrationer från vägtrafiken. Förutsättningarna för olägenheter från vibrationer i byggnader är som sämst när byggnaderna och vägbanan är grundlagda på lösa jordarter, särskilt blöt lera, och när vägbanan har ojämnheter i ytskiktet. När både byggnader och vägbana är grundlagda på lera kan vibrationsnivåer i byggnader härrörande från tung trafik estimeras, se Figur 6.



Kurva 1 avser inkommande vertikal svängningshastighet i en byggnads grundläggningsdel vid undergrund av lera (ger underlag för att bedöma skaderisk).
Kurva 2 avser vägda hastigheter i vertikalled på bjälklag, s.k. komfortvärden.
Kurva 3 avser vägda hastigheter i horisontalled på bjälklag, s.k. komfortvärden.
Kurva 4 avser inkommande vertikal svängningshastighet i en byggnads grundläggningsdel vid undergrund av berg (ger underlag för att bedöma skaderisk).

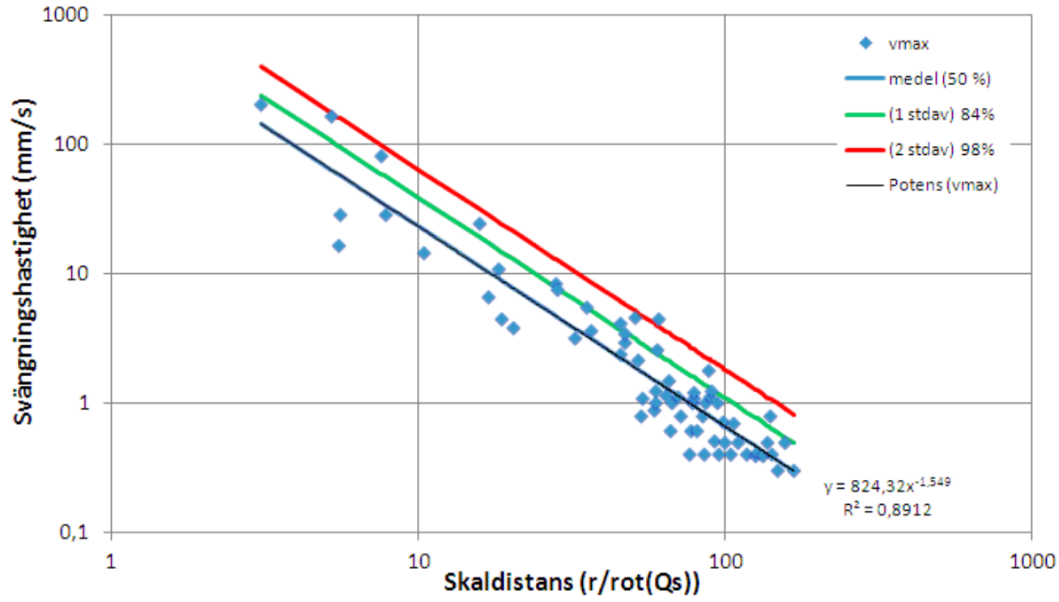
Figur 6. *Diagram för initial bedömning av risk för skador och komfortstörning i byggnader vid tung biltrafik för fallet när både väg och byggnad är grundlagda på lera [14].*

6.2.2 Beräkningsunderlag

Vibrationer från sprängning

I detta avsnitt redogörs för beräkningsunderlaget för svängningshastigheten för de spränginducerade vibrationerna över skaldistansen och de empiriska konstanterna K och n, som beskriver källstyrkan för sprängningen och den geometriska och geologiska dämpningen av svängningshastigheten.

Enligt en riskanalys och vibrationsutredning för Cementas bergtäkt [16] företogs 1980 provsprängningar i kalkbrottet där man genomförde vibrationsmätningar av svängningshastigheterna på olika avstånd mellan 20 m och 1 km från sprängplats. Baserat på provsprängningarna upprättas en regressionsanalys från rådata [16] baserat på formel 5.1 under avsnitt 6.2.1. Resultatet av regressionsanalysen presenteras i Figur 7.



Figur 7. *Regressionsanalys från provsprängningarna 1980 (Rundqvist) [16]. Som kan noteras är korrelationen mycket god.*

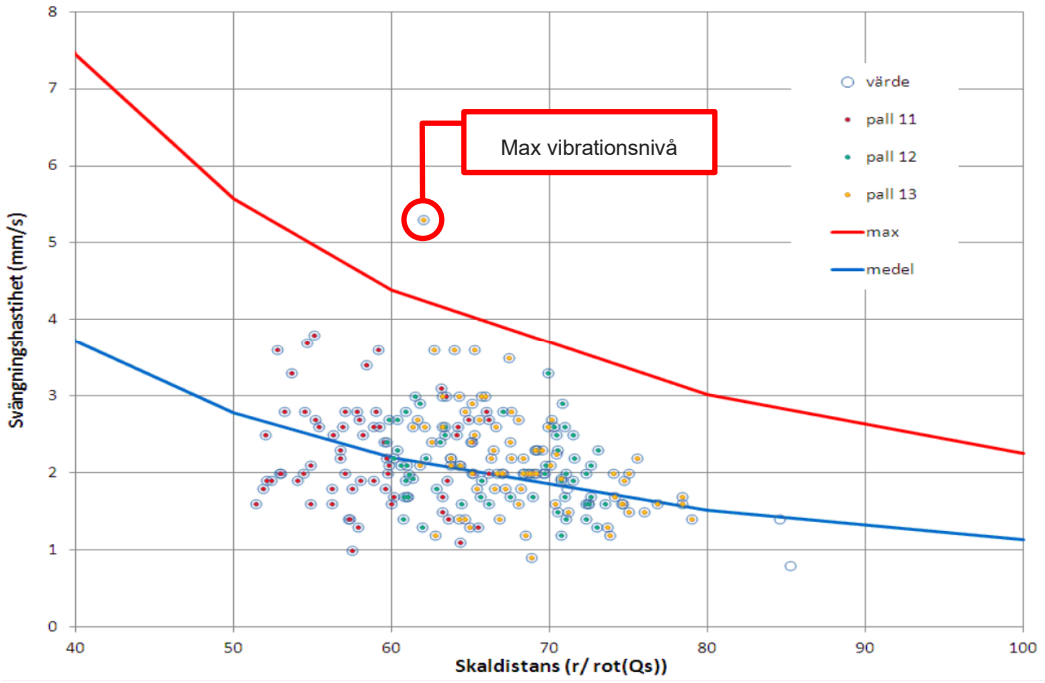
Som framgår ur Figur 7 kan den geometriska och geologiska dämpningen beskrivas med den empiriska konstanten $n = 1.549$. Det kan noteras att provsprängningarna utfördes med varierande håldiameter och laddningsmetod. Därför är källstyrkan som presenteras i Figur 7 inte nödvändigtvis representativ för de sprängningar som pågår i kalkbrottet idag.

I anslutning till sprängningarna i kalkbrottet under perioden 2008–2009 genomfördes mätningar avseende vibrationer och luftstötvåg [16]. Mätpunkterna redovisas i översiktsbild över området i Figur 8.



Figur 8. *Översiktsbild över möjliga vibrationskällor i Cementas drift och mätpunkter för vibrationer och luftstötvåg i förhållande till planerade bostäder [16].*

Den maximalt uppmätta vibrationsnivån är uppmätt på Norrbacka, se Figur 8 för lokalisering i förhållande till kalkbrottet, på ett avstånd av 62 m från sprängplats. Vibrationsnivån uppmättes till 5,3 mm/s. Se Figur 9 för jämförelse mellan vibrationsprognos och uppmätta sprängsalvor.



Figur 9. *Jämförelse mellan vibrationsprognos 2006 och sprängsalvor 2008-2009 vid mätpunkt Norrbacka [16]. Resultaten visar att prognosen stämde väl med verkligheten både vad gäller max- och medelvärde, endast ett värde (0,25%) av uppmätta nivåer överskred förväntad maxnivå. Svängningshastigheter under mätarens triggnivå (0,5 mm/s) redovisas ej.*

Den maximala registrerade vibrationsnivån som presenteras i Figur 9 används till att bestämma källstyrkan som beskrivs av den empiriska konstanten K då detta resulterar i ett konservativt estimat av svängningshastigheten för de sprängningsinducerade vibrationerna. Således beräknas $K = 3167$. Det är värt att notera att detta är utan att ta höjd för kopplingstappet mellan undergrunden och byggnadens grundläggning. Tar man med ett kopplingstapp på -2 dB i beräkningen kan den viktade källstyrkan för den empiriska konstanten uttryckas till $K = 2516$.

Det förutsätts att sprängningar i kalkbrottet sker 1-2 dagar i veckan mellan kl 13.00 och 15.00 och att det sammantaget sker sprängningar 2-3 gånger i veckan. Det förutsätts vidare att det sprängs med intervalltändning och att den samverkande laddningen är 90 kg per intervall.

Vibrationer från vägtrafik

Olägenheter från trafikinducerade vibrationer är i hög grad avhängig vägbanans tillstånd, fordonens hastighet och tyngd samt undergrundens sammansättning. I detta avsnitt beskrivs underlaget för värdering av olägenhet från trafik på Södra Bergvägen, Falkvägen och Vadsbovägen som ligger närmast planområdet. Aktuella vägar redovisas i översikt i Figur 10.



Figur 10. Översikt över vägar närmast planområdet i förhållande till nya bostäder.

Vägbanan på närliggande vägar bedöms vara i gott tillstånd. Trafiken för vägarna beskrivs med nyckeltal nedan.

Södra Bergvägen:

- Hastighetsbegränsning 40 km/t
- Estimerad årsdygnstrafik (ÅDT) 2035 1 920
  - Varav tung trafik 2%
- Avstånd från väg till planerad bebyggelse ca. 10 m

Falkvägen:

- Hastighetsbegränsning 40 km/t
- Estimerad årsdygnstrafik (ÅDT) 2035 387
  - Varav tung trafik 2%
- Avstånd från väg till planerad bebyggelse ca. 10 m

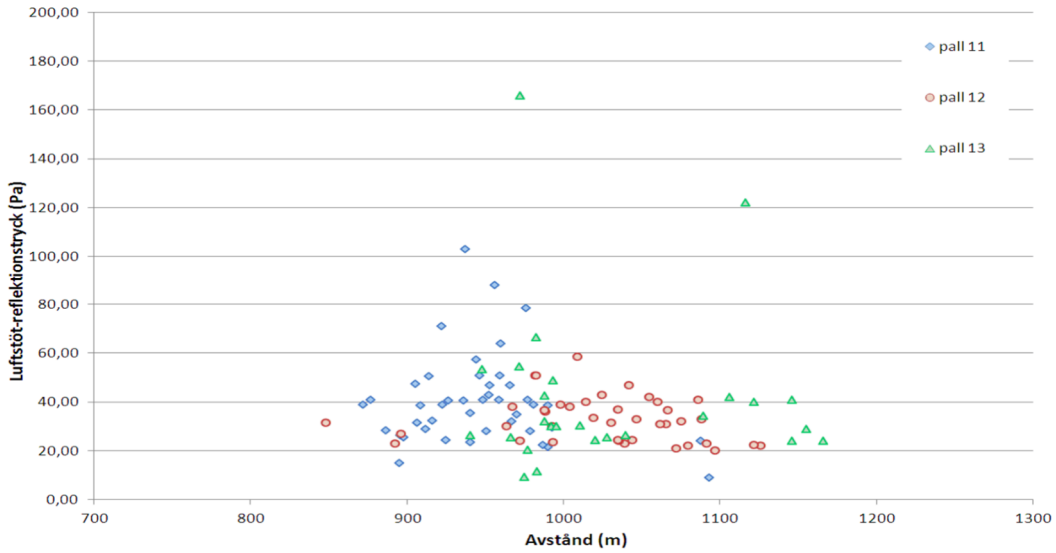
Vadsbovägen:

- Hastighetsbegränsning 70 km/t
- Estimerad årsdygnstrafik (ÅDT) 2035 22 283
  - Varav tung trafik 9%
- Avstånd från väg till planerad bebyggelse ca. 150 m

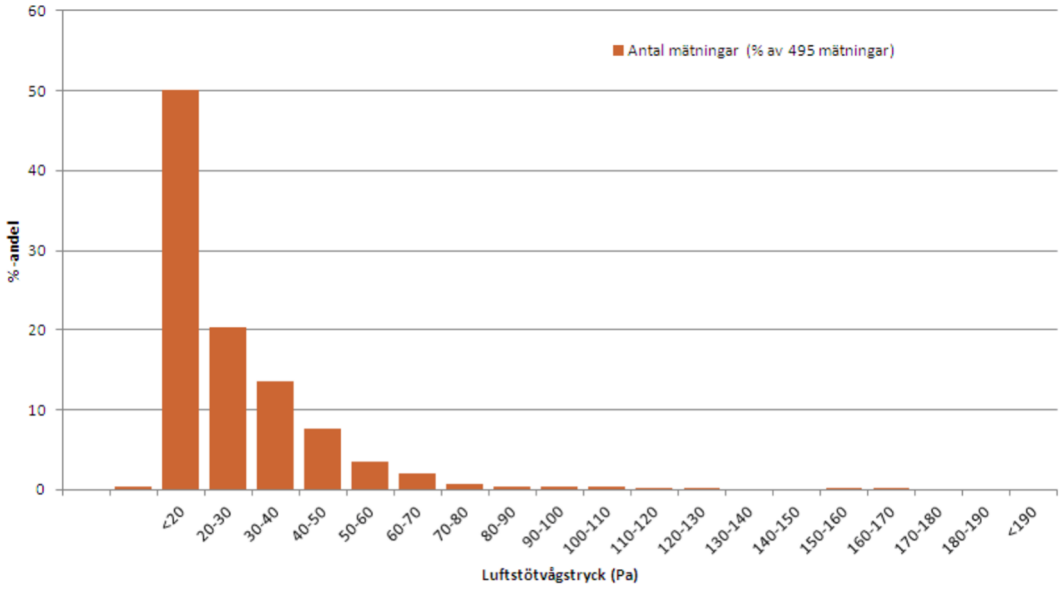
Geotekniska borrningar som har utförts i planområdet för de nya bostäderna indikerar att jordlagerföljden består från ytan av ca 1,5 m fyllning följt av sandig och grusig silt som innehåller skiffer. Då planområdet är placerat så nära kalkbrottet förutsätts dessutom att byggnaderna grundläggs genom pålning till berg.

6.3 Luftstötvåg

I detta avsnitt presenteras beräkningsunderlaget för sprängningsinducerade luftstötvågor. Enligt [16] har man under perioden 2008–2011 mätt luftstötvåg från en rad sprängningar i kalkbrottet. I Figur 11 plottas salvor från 2008–2009 och på vilket avstånd till sprängningen och i vilken pall som sprängningarna skett och i Figur 12 plottas alla salvor under perioden 2008–2011. De högsta nivåerna från de 495 salvorna har kommit från den översta pallen (pall 13) trots att avståndet från sprängningen till mätpunkten där varit som längst.



Figur 11. Samtliga uppmätta luftstötvågor 2008–2009, inkluderat avstånd och pallnummer [16].



Figur 12. Fördelning över samtliga uppmätta luftstötvågor 2008–2011 [16].

6.4 Luft

Beräkningar av luftkvaliteten har utförts för ett nuläge (2017) och ett framtida scenario med planerad bebyggelse (2035). Som underlag för spridningsberäkningarna av NO_2 och PM_{10} beräknas emissioner från vägtrafiken samt bergtäkten och cementfabriken söder om planområdet. Kvarteret Vadden ligger 200 meter ifrån Vadsbovägen som dagligen trafikeras av 20 000 fordon, och ca 400 meter ifrån Cementas bergtäkt med tillhörande cementfabrik.

6.4.1 Beräkningsunderlag

Trafik

Utsläpp från trafiken har beräknats med emissionsmodellerna HBEFA (version 4.1) och Nortrip. Avgasemissioner har beräknats med emissionsfaktorer från HBEFA, som tar hänsyn till hur fordonsflottans sammansättning förväntas förändras i framtiden. I HBEFA antas att det kommer att fortsätta ske förbättringar avseende avgasutsläppen, samt att en större andel av fordonsflottan i framtiden kommer att bestå av fordon med god avgasrening och effektivitet. Detta innebär att avgasemissionerna (utsläpp per km) för ett normalfordon förväntas bli lägre i framtiden. Emissionsfaktorer för år 2017 har använts i beräkningarna för nuläget och emissionsfaktorer för år 2025 respektive 2035 har använts i beräkningarna för NO_X respektive PM_{10} år 2035. Anledningen till att en emissionsfaktor för ett tidigare år har använts för NO_X är för att få ett resultat som är mer representativt för ett år närmare inflyttningsåret än vad år 2035 är. År 2035 års trafiksiffror har dock använts för detta scenario, då det inte är några stora skillnader i trafiksiffrorna mellan 2017 och 2035.

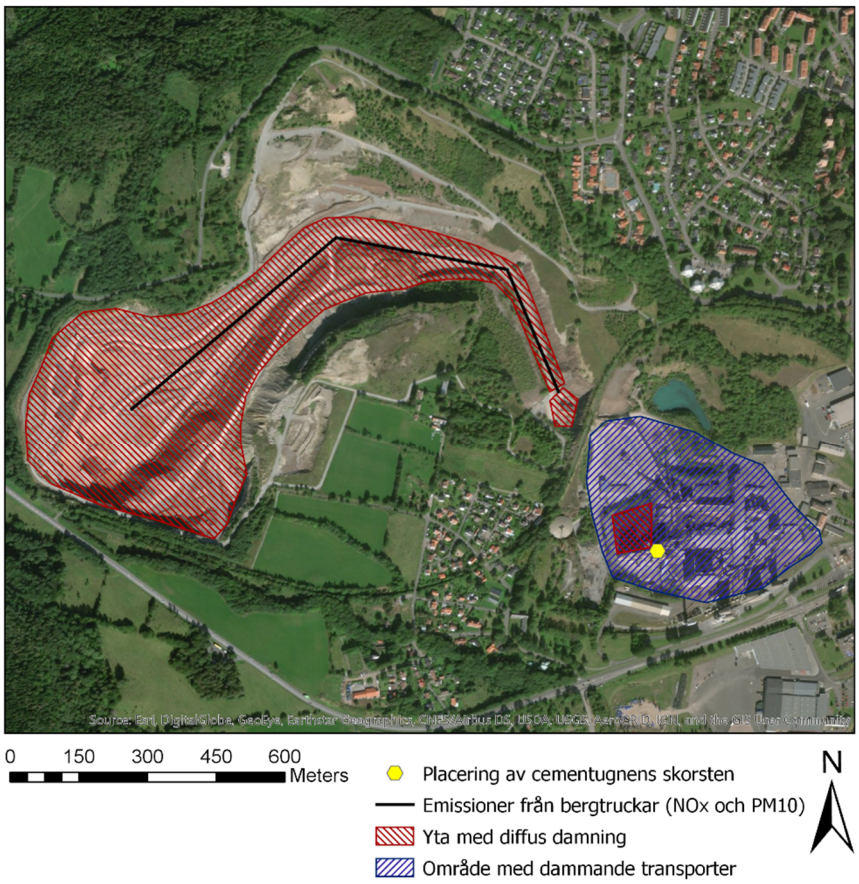
Emissionsfaktorer för resuspension, d.v.s. uppvirvling av på vägbanan tidigare ackumulerade slitagepartiklar, har beräknats med Nortrip. Nortrip är en emissionsmodell som utvecklats för nordiska förhållanden där mängden resuspension bland annat beror på meteorologiska indata, trafikmängd, andel tung trafik, dubbdäcksandel och fordonshastighet. Den tekniska utvecklingen och förnyelsen av fordonsflottan som förväntas leda till lägre avgasemissioner kommer inte att påverka emissionen av uppvirvlat material, så en liknande minskning av denna typ av emissioner förväntas inte ske. En genomsnittlig dubbdäcksandel om 65 % under vintermånaderna har hämtats från en undersökning utförd i regionen under vintern 2016 [17].

Trafiksiffror som använts för beräkningarna är listade i Tabell 9.

Industri

Områden på vilka diffus damning och andra bergtäktrelaterade emissioner kan uppkomma har identifierats utifrån kontakt med Cementa [18]. Områden som bedömts ha damningsemissioner är bergtäkten, vägen mellan bergtäkt och stenkross, tippning till krossen samt kolplan, ett kollager inom Cementas fabriksområde. På fabriksområdet förekommer transporter, även dessa antas ge upphov till viss damning. Emissioner från cementfabriken har erhållits från Cementa [18], emissioner från bergtäkten har beräknats med tidigare framtagen metod för bedömning av damning från liknande verksamheter [19] och [20]. Aktiviteterna som ingår som underlag till beräkningarna av diffus damning utgår från aktivitetsdata av Cementa vilket bör motsvara normal produktion.

I bergtäkten finns två dieseldrivna bergtruckar som vardagar mellan kl. 6 och 22 kör i skytteltrafik mellan täkten och tippningen till stenkrossen. Emissionsfaktorer för bergtruckar har hämtats från SLU [21]. Områden inom Cementas verksamhet med emissioner åskådliggörs i Figur 13. Den diffusa damningens styrka varierar beroende på årstid, arbetstid, om det är vardag eller helg, förekomst av nederbörd samt om det är blåsigt.



Figur 13. *Dammande områden samt emissioner från bergtruckar inom Cementas verksamhetsområde, inklusive lokalisering av cementugnens skorsten.*

Emissioner förekommer även från cementugnens skorsten och vilka behöver inkluderas i spridningsberäkningarna för området. För dessa beräkningar behövs ytterligare information om skorstenens olika parametrar, vilka är sammanställda i Tabell 10. Utsläpp från skorsten härstammar från emissioner enligt tillståndsansökan, vilket motsvarar anläggningens maximala utsläpp. Underlaget till punktkällan härstammar från utredning 2003-07-09 av ÅF.

Tabell 10. *Precisering av använda parametrar för spridningsberäkning från Cementas skorsten.*

Höjd (m)	**Diameter (m)**	**Flödeshastighet (m/s)**	**Temperatur (°C)**	**NO_X (kg/år)**	**PM_{10} (kg/år)**
92	2	29	130	181 117	4 500

6.4.2 Spridningsmodellering

För luftutredningen har tre olika modeller använts. Modellerna beskrivs i korthet nedan och mer utförligt i Bilaga A, Bilaga B, och Bilaga C.

Spridningen av luftföroreningar styrs av många processer och faktorer som verkar i olika geografiska skalor. Meteorologin som används som indata till CFD-modellen bör vara representativ för de lokala väderförhållandena, varför områdets lokala meteorologi har beräknats. För den meteorologiska beräkningen användes TAPM-modellen, en dynamisk prognosmodell som beräknar meteorologiska förutsättningar i regional till lokal skala (exempelvis topografisk påverkan på vinden, se vidare information i Bilaga B). I och med att meteorologin kan variera ganska mycket från ett år till ett annat, är det fördelaktigt att använda ett så kallat meteorologiskt typår för beräkningarna. För att exkludera individuella händelser och sammantaget få väderdata för ett typiskt år, baserat på storskaliga vädermönster, består ett meteorologiskt typår av januari från ett år, februari från ett annat år o.s.v. Vilka årtal som gäller för olika månader i ett meteorologiskt typår varierar på olika platser i landet och beräknas därför för varje unik plats.

Den beräknade lokala meteorologin blir indata till de efterföljande vindfälts- och haltberäkningarna. För dessa beräkningar har två olika modeller använts. Vägtrafikens emissioner har spridningsmodellerats med Miskam, en CFD-modell (Computational Fluid Dynamics) som kan beräkna tredimensionella strömningsförhållanden mellan huskroppar (se vidare information i Bilaga A). Förutom meteorologi behöver Miskam även tredimensionell information om både de planerade byggnaderna och den omgivande bebyggelsen. För att återskapa ett realistiskt vindfält som representerar strömningsförhållandena i tre dimensioner för de aktuella kvarteren har ett mycket större område än de aktuella kvarteren inkluderats i CFD-beräkningarna (ca 1,5 x 1,5 km). I spridningsberäkningarna av vägtrafikens emissioner sätts trafikmängderna att variera över dygnet utifrån normala flödesmönster för liknande vägar och gator.

Diffusa damningsemissioner, emissioner vid bergtäkten samt emissioner från Cementas skorsten har spridningsberäknats med modelleringsprogrammet ADMS (Atmospheric Dispersion Modelling System) version 5.2.2. All damning har spridningsberäknats som PM_{10}. ADMS är en diagnostisk spridningsmodell som simulerar flytande och passiva utsläpp till atmosfären. Modellen tar bland annat hänsyn till topografi, vindmönster, effekten av kustlinjer och effekten av byggnader, både individuella och i mer komplexa stadsmiljöer. ADMS hanterar såväl timupplösta meteorologiska data såväl som väderstatistik och resultaten kan visas som spridningskartor och/eller i enskilda receptorpunkter i ett antal olika applikationer. Emissioner kan läggas in i ADMS som punkt-, area-, linje-, volym- och så kallade jetkällor.

Dammande verksamheter, som Cementa, ger upphov till en diffus damning och som spridningsberäknas som en passiv areakälla med emission från hela ytan. Beräknade emissioner redovisas i Tabell 12. Emissionen från ytan beror av väderförhållanden, så som vind och nederbörd, en tidsvariation har därför applicerats enligt metodiken från IVL [20]. Tidsvariationen baseras på lokala nederbördsmätningar från SMHI samt verksamhetens arbetstider, då transporter inom området bidrar till en ökad resuspension av material, vilket inte förekommer utanför arbetstiderna.

Gällande skorstenar simulerar ADMS det så kallade plymlyftet, vilket är den höjd från skorstensmynningen till vilken plymen lyfts på grund av att rökgaserna har en högre temperatur än utomhusluften och lämnar skorstenen med en viss flödeshastighet. Plymlyftet påverkar således den initiala spridningen när utsläppen har lämnat skorstenen (se vidare information i Bilaga C).

Områden och aktiviteter som ingår i spridningsmodelleringen med ADMS-modellen listas i Tabell 11, och åskådliggörs även i Figur 13.

Tabell 11. Områden och aktiviteter vars emissioner till luft ingår i spridningsberäkningarna med ADMS.

Område/aktivitet	**NO_X/NO_2**	**PM_{10}**	**Diffus damning (som PM_{10})**
Bergtäkten	-	-	X
Tippning till stenkross	-	-	X
Väg till kross	X	X	X
Cementas fabriksområde	-	-	X
Kolplan	-	-	X
Skorsten cementugn	X	X	-

Tabell 12. Sammanfattning av beräknade emissioner under ett år för areakällor (bergtäkt, tippning/tömning och kolplan) samt linjekällor (transporter).

Aktivitet	NO_x (ton/år)	Partiklar (PM_{10}) från diffus damning (ton/år)
Bergtäkt, fabriksområde, kolplan och tippning	-	68
Transporter	2.5	182
Totalt	**2.5**	**250**

6.4.3 Bakgrundshalter

För att kunna utvärdera om gällande miljökvalitetsnormer och miljömål överskrids eller ej, behöver den totala halten inom området beräknas, varför de lokala urbana bakgrundshalterna måste uppskattas. Bakgrundshalterna har uppskattats genom utvärdering av tidigare mätningar vid Majorsgatan i Skövde, 2017 för NO_2 och vid Skövde Kulturhus, 2014 och 2010, för PM_{10}. Uppmätta värden har därefter satts i relation till av SMHI beräknade halter (total och urban bakgrund) för år 2008 [22] och beräkningar med SMHI:s Verktyg för Objektiv Skattning med Spridningsmodellering [23].

Tabell 13. Lokala urbana bakgrundshalter som adderats till det spridningsberäknade haltbidraget vid kvarteret Vadden.

Ämne	Årsmedel	98%il dygn	90%il dygn	98%il timme
NO_2 (µg/m³)	10	20	-	30
PM_{10} (µg/m³)	10	-	15	-

7 Resultat och bedömning

7.1 Buller

7.1.1 Trafikbuller

Resultat från beräkningarna för framtida situation är fördelat på ljudnivåer vid fasad och ljudnivåer för eventuella uteplatser och balkonger. Samtliga resultat under detta kapitel redovisas i större format i Bilaga D.

Ljudnivåer vid fasad återges som dygnsmedelvärde $L_{Aeq,24h}$ och maximal nivå nattetid $L_{AF-max,22-06}$. Nivåerna redovisas som frifältsvärden i 2D- och 3D-vyer enligt det underlag som beräkningarna är baserade på.

Ljudnivåer inom området (uteplats) återges på bullerkartor som ett dygnsmedelvärde $L_{Aeq,24h}$ och maximal nivå L_{AFmax}, ej frifältsvärden.

Genomgående i nedanstående redovisning är att grön/ljusgrön färg indikerar att ställt riktvärde innehålls.

Dygnsekvivalents ljudnivåer vid fasad

Ljudnivå vid fasad bedöms enligt 3 § 1 i SFS 2015:216 och enligt regeringens beslut om nya riktvärden för trafikbuller (SFS 2017:359). Innehålls beräknade värden i ställt riktvärde om $L_{Aeq,24h} \leq 60$ dBA bedöms planerad byggnation klaras som helhet.

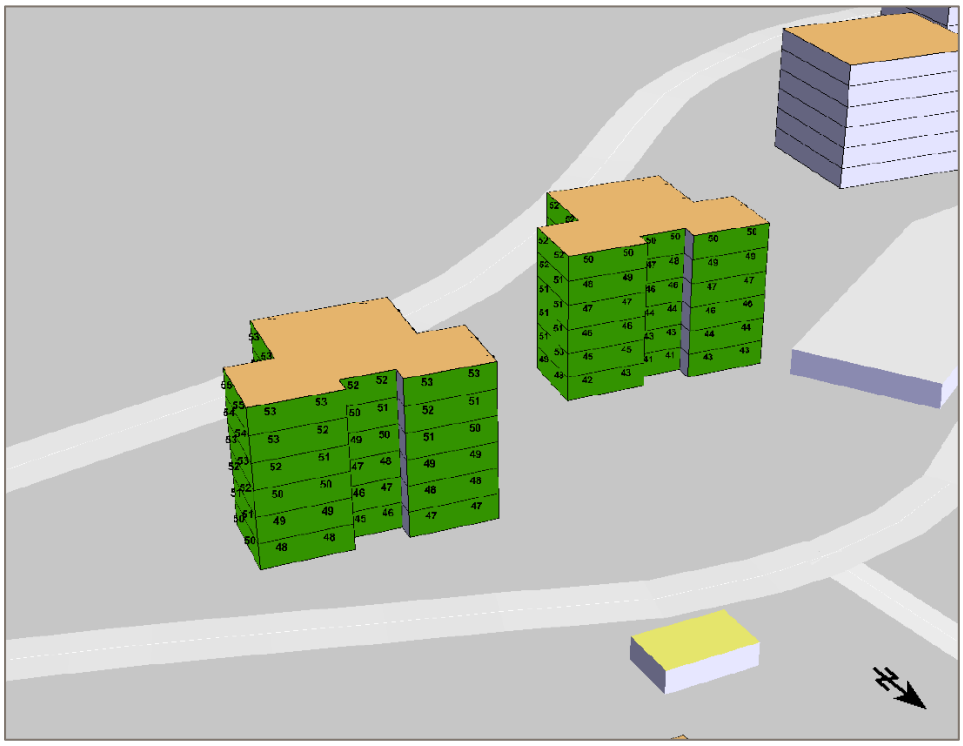
I Figur 14 redovisas beräknade dygnsekvivalenta nivåer vid fasad för planerade byggnader inom området. Figuren visar att den högsta dygnsekvivalenta ljudnivån beräknas till 55 dBA på den östra fasaden av byggnaden som är närmast Vadsbovägen. Riktvärdet för ekvivalent ljudnivå klaras vid samtliga fasader med marginal.

I Figur 15 till Figur 18 redovisas beräknade dygnsekvivalenta nivåer vid fasad för planerade byggnader inom området som 3D bilder.

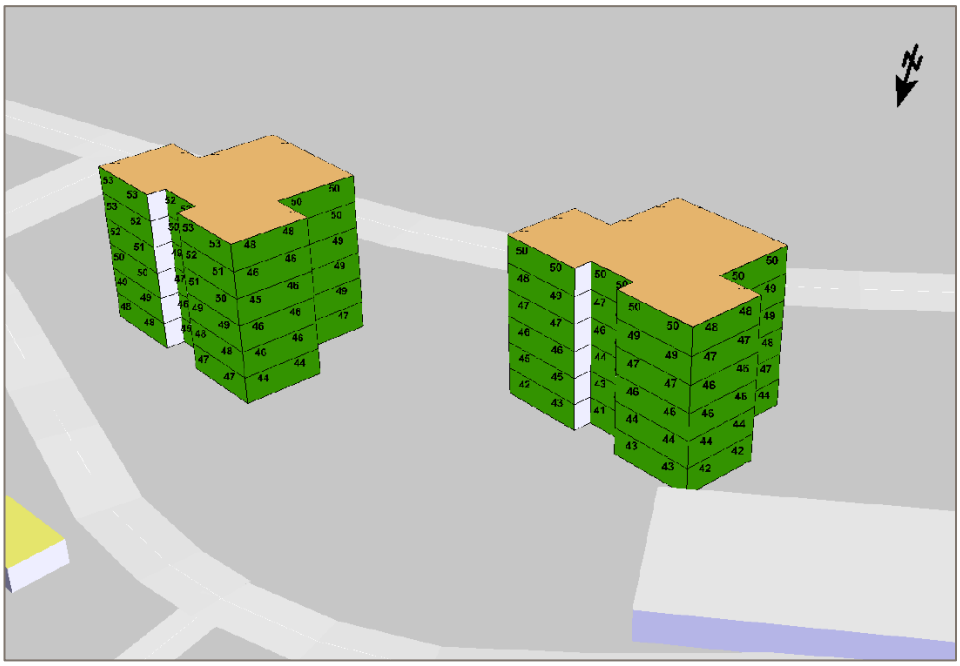
Grön/ljusgrön markering vid fasad innebär att $L_{Aeq,24h}$ är lika med eller lägre än riktvärdet 60 dBA.



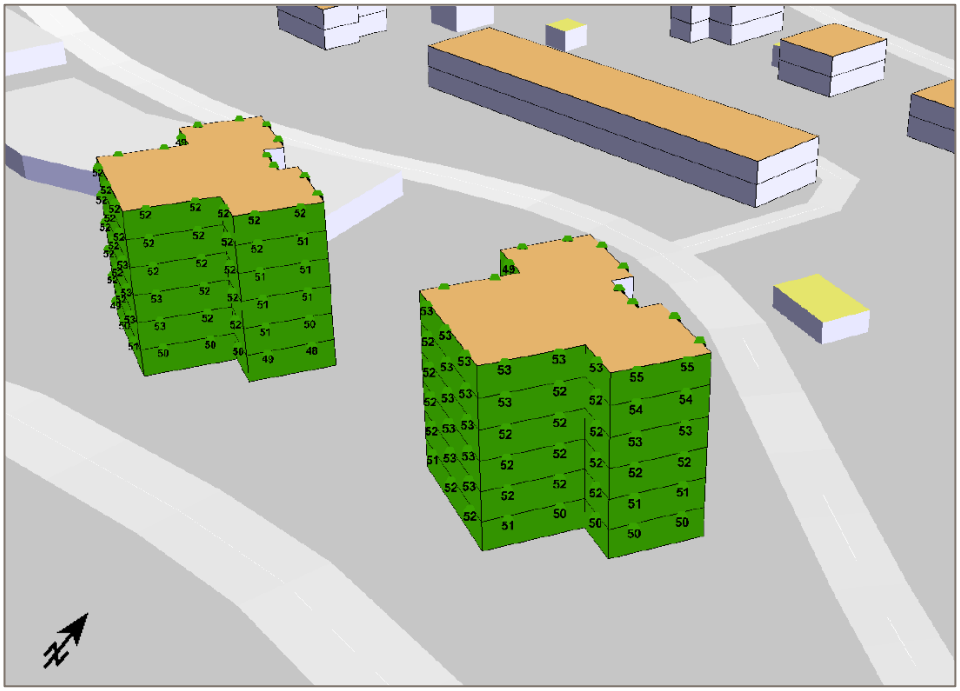
Figur 14. *Dygnsekvivalenta ljudnivåer vid fasad som frifältsvärden. Högsta ljudnivå per fasadpunkt.*



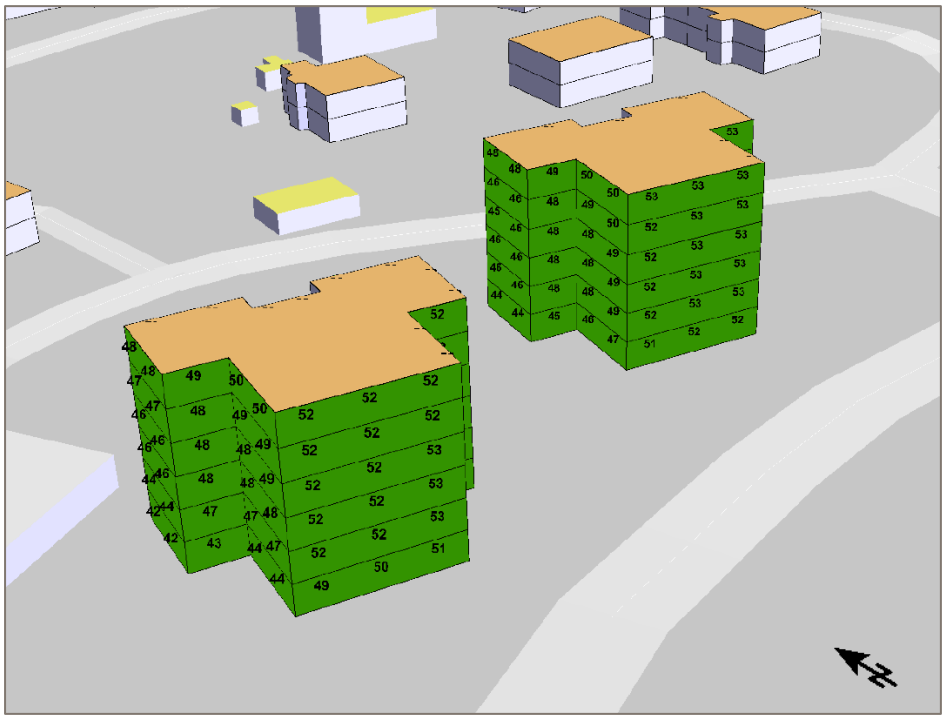
Figur 15. *Dygnsekvivalenta ljudnivåer vid fasad som frifältsvärden. 3D vy från nordost.*



Figur 16. Dygnsekvivalenta ljudnivåer vid fasad som frifältsvärden. 3D vy från nordväst.



Figur 17. Dygnsekvivalenta ljudnivåer vid fasad som frifältsvärden. 3D vy från sydost.



Figur 18. Dygnsekvivalenta ljudnivåer vid fasad som frifältsvärden. 3D vy från sydväst.

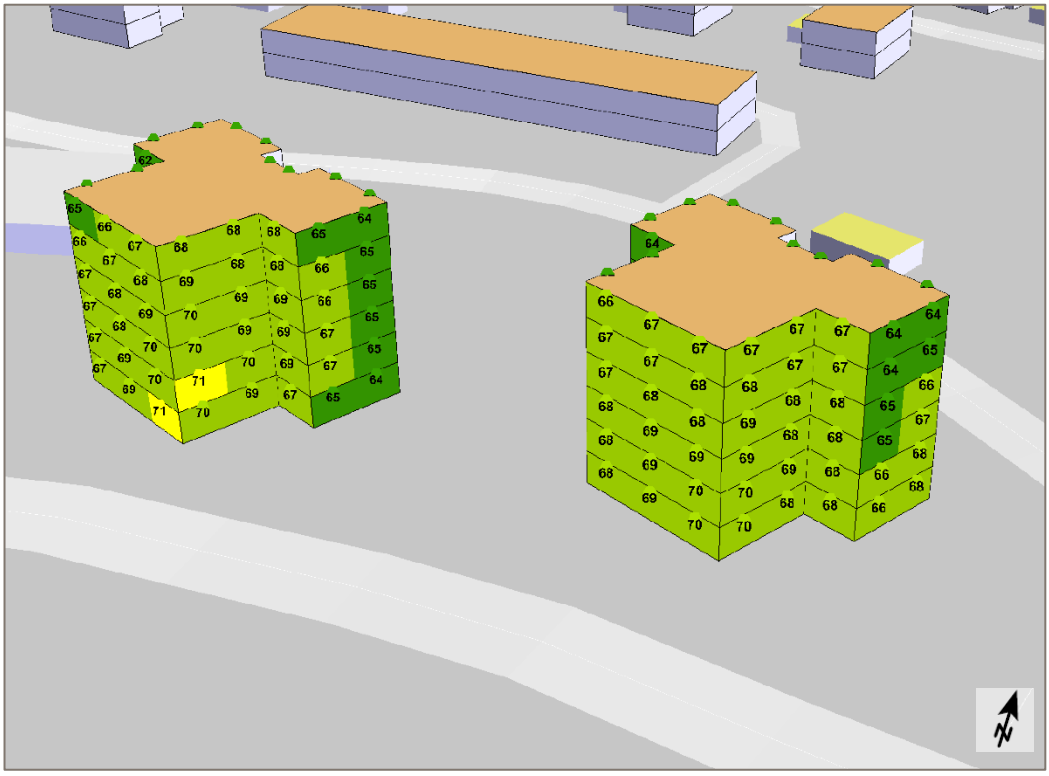
Maximala ljudnivåer vid fasad under nattetid

Maximala ljudnivåer nattetid om 70 dBA behöver klaras för de lägenheter som inte klarar riktvärdet 60 dBA för dygnsekvivalent ljudnivå vid fasad. Samtliga fasader klarar riktvärdet vilket innebär att maximal ljudnivå nattetid inte är aktuell i bedömningen, men resultaten redovisas ändock i denna utredning.

Den högsta maximala ljudnivån beräknas till 71 dBA och från vägtrafik på Södra Bergvägen. Figur 19 visar de högsta maximala ljudnivåer nattetid från vägtrafik per fasadpunkt. Figur 20 visar maximala ljudnivåer som 3D-vy från sydost. Figuren visar att det är på plan 1 och plan 2 i det sydöstra hörnet av bostadsbyggnaden längs i väster som får de högsta maximala ljudnivåer nattetid.



Figur 19. *Maximala ljudnivåer nattetid vid fasad som frifältsvärden. Högsta ljudnivå per fasadpunkt.*



Figur 20. *Maximala ljudnivåer nattetid vid fasad som frifältsvärden. 3D-vy från sydost*

Dygnsekvivalents ljudnivåer vid uteplats

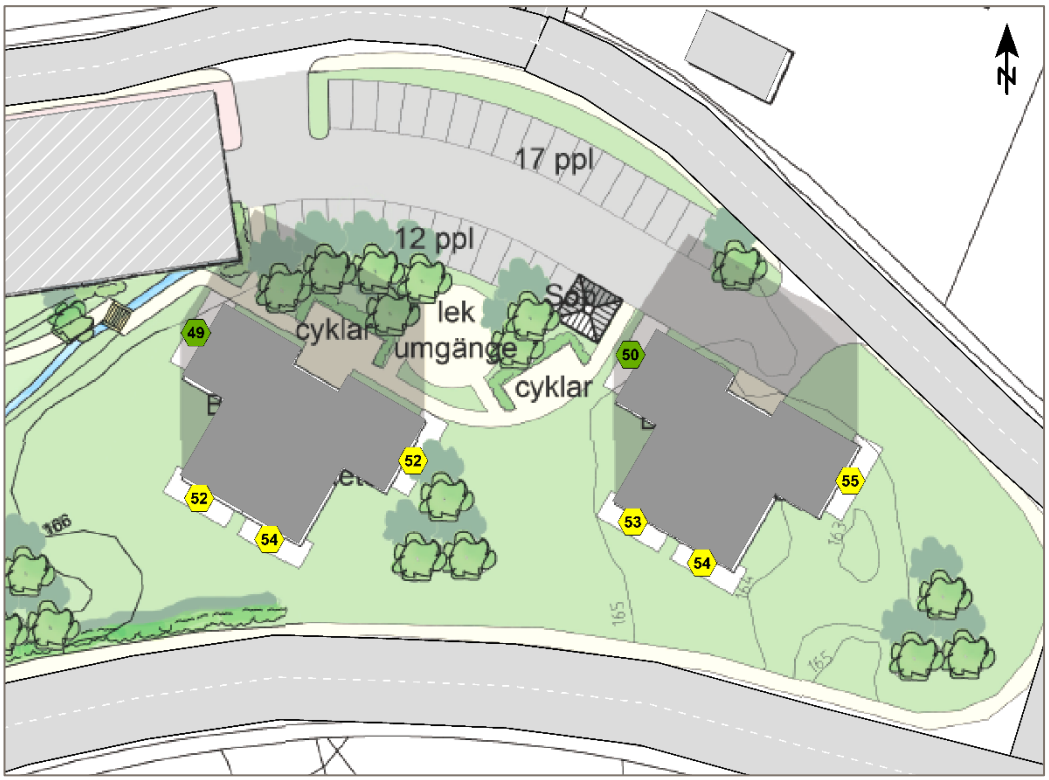
Ljudnivå vid uteplats bedöms enligt 3 § 2 i SFS 2015:216. Innehålls beräknade värden i ställt riktvärde om $L_{Aeq,24h} \leq 50$ dBA och $L_{AFmax} \leq 70$ dBA bedöms planerad byggnations uteplatser klaras som helhet. Grön färg i figurerna indikerar att respektive riktvärde klaras.

Figur 21 visar dygnsekvivalenta ljudnivåer 1,5 meter ovan mark inom planområdet. Figuren visar att delar av planområdet, inklusive området markerat för lek och umgänge i aktuellt planförslag och mellan huskropparna, klarar riktvärdet för uteplats. Detta innebär att samtliga boenden kommer att ha tillgång till en uteplats i markplan som uppfyller riktvärden för uteplats.

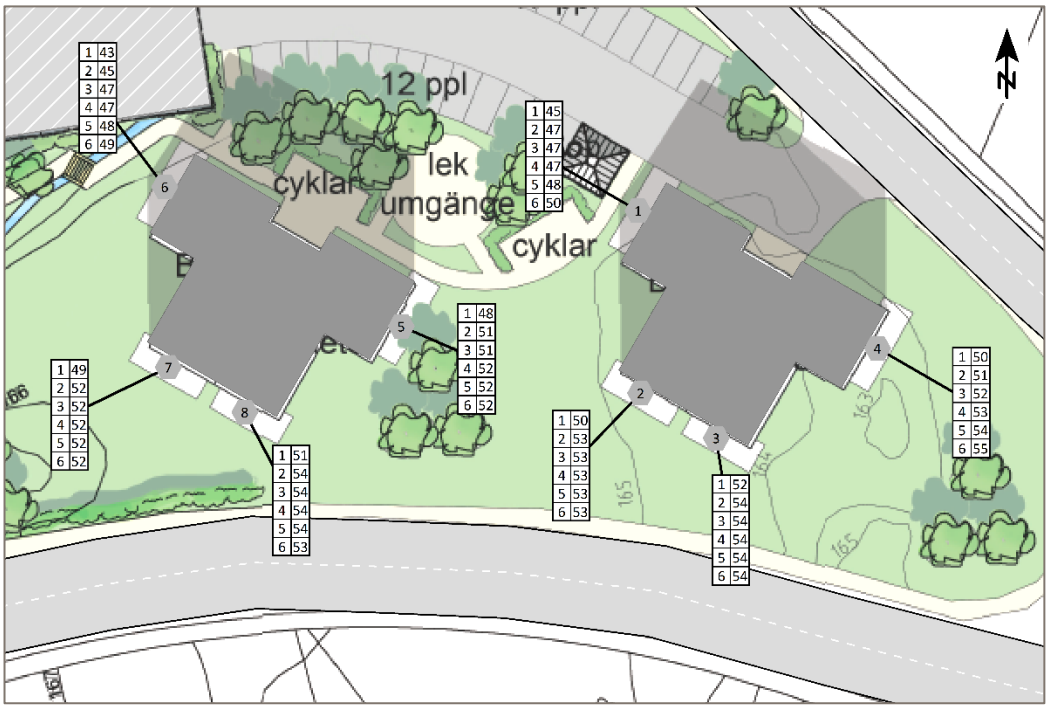
Figur 22 visar de högsta beräknade ljudnivåer på balkonger av alla våningsplan och Figur 23 visar de beräknade ljudnivåer för balkonger per våningsplan. Beräkningarna indikerar att några av balkongerna riskerar att få ekvivalenta ljudnivåer som överskrider riktvärdet för uteplats. Dessa ljudnivåer är dock beräknade helt utan avskärmning från balkonggolv eller balkongsidor och är därmed troligtvis en överskattning. För att få en bra ljudnivå på samtliga balkonger bör utformningen av balkonger anpassas beroende på läge.



Figur 21. *Dygnsekvivalenta ljudnivåer på 1,5 meters höjd inom planområdet (ej frifältsvärde i närhet av fasad).*



Figur 22. *Dygnsekvivalenta ljudnivåer på balkonger som frifältsvärden enligt riktvärden för uteplatser. Siffrorna visar de högsta ljudnivå per balkongpunkt.*

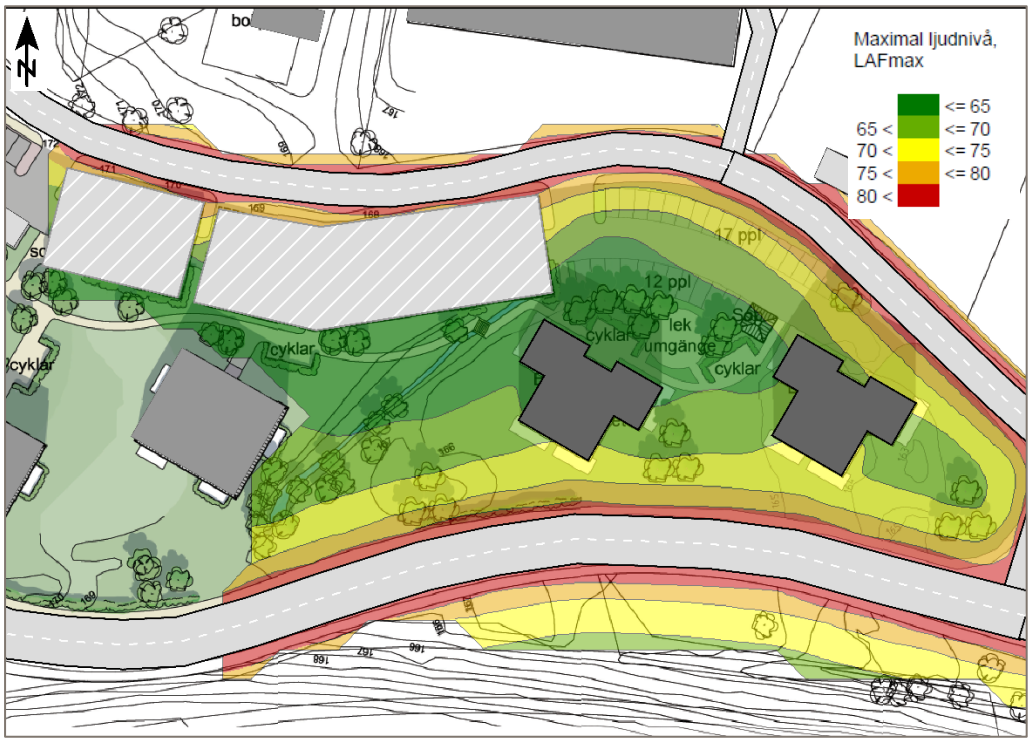


Figur 23. *Dygnsekvivalenta ljudnivåer på balkonger som frifältsvärden enligt riktvärden för uteplatser. Siffrorna visar de ljudnivåer per våningsplan.*

Maximala ljudnivåer vid uteplats

Figur 24 visar maximala ljudnivåer 1,5 meter ovan mark inom planområdet. Figuren visar att en stor del av planområdet, inklusive området markerat för lek och umgänge i aktuellt planförslag, klarar riktvärdet för uteplats. Detta innebär att samtliga boenden kommer att ha tillgång till en uteplats i markplan som uppfyller riktvärden för uteplats.

Figur 24 visar de högsta beräknade maximala ljudnivåer på balkonger av alla våningsplan och Figur 25 visar de beräknade maximala ljudnivåer för balkonger per våningsplan. Resultaten visar att riktvärdet för maximala ljudnivåer innehålls för samtliga balkongerna med undantag för balkonger vid hörnet i sydost på plan 1 och 2 på huset längst i väster (punkt 8 i Figur 26).



Figur 24. *Maximala ljudnivåer på 1,5 meters höjd inom planområdet (ej frifältsvärde i närhet av fasad).*



Figur 25. *Maximala ljudnivåer på balkonger som frifältsvärden enligt riktvärden för uteplatser. Siffrorna visar de högsta ljudnivå per balkongpunkt.*



Figur 26. *Maximala ljudnivåer på balkonger på balkonger som frifältsvärden enligt riktvärden för uteplatser. Siffrorna visar de ljudnivåer per våningsplan.*

7.1.2 Bedömning av industri- och verksamhetsbuller

Alla tillståndspliktiga verksamheter ska skriva en miljörapport varje år om sin verksamhet och dess miljöpåverkan som ska rapporteras till Naturvårdsverket. Miljörapportens syfte är att ge tillsynsmyndigheten ett bra underlag för tillsyn av verksamheten samtidigt som att ge verksamhetsutövaren möjlighet att kontrollera hur väl villkoren följs och den kan stärka egenkontrollen.

I den senaste miljörapporten från Cementa för år 2018 redovisades i en bilaga resultat av bullermätningar som genomfördes 2018-05-23 i kontrollpunkter för buller kring fabriksområdet, se Figur 27.



Figur 27. Mätpunkter för kontroll av buller från Cementfabriken © Eniro, hämtad ur [24].

I bullerutredningen gjordes mätningar nattetid för att minimera bakgrundsbuller från vägtrafik. Resultaten gäller därmed för de driftsförhållanden som rådde under aktuell tidsperiod. Enligt Cementa skiljer bullernivåerna inte så mycket åt mellan dagtid och nattetid. Under mätningen kunde konstateras att fabrikens bullerkällor dominerade ljudbidraget under mättiden vid punkt B7. De uppmätta ljudnivåer vid punkt B7 var ekvivalent ljudnivå 37 dBA och maximal ljudnivå 43 dBA. I rapporten konstaterades att riktvärdet för ekvivalenta ljudnivåer innehålls vid punkt B7, dvs i anslutning till planområdet. Bullermätningen utfördes dock inte under optimala vindförhållanden och resultatet bör därför anses vara något osäkert.

Det finns en motsvarande bullermätning utfört av WSP år 2013 som redovisades i miljörapporten för verksamheten för samma år. Mätpunkt 2 (MP2) i rapporten motsvarar B7 ovan. Resultaten för kontrollpunkten var 41 dBA som ekvivalent ljudnivån kvällstid (d.v.s. under riktvärdet för industribuller kvällstid) samt 42 dBA som ekvivalent ljudnivå nattetid och 43 dBA som maximal ljudnivå nattetid. Värden jämförs med naturvårdsverkets riktlinjer för befintlig industri, samt Cementas gällande tillstånd för ljudkraven. Slutsatsen var att de uppmätta ljudnivåerna faller inom riktvärdet för industribuller kvällstid och nattetid.

En bullerutredning som utfördes av WSP år 2012 som en del av underlaget i ansökan för utökad täktverksamhet [25]. Rapporten visar beräknade bullernivåer från täktverksamheten. Området som omfattas av bullerutredningen är från avbaning längst i väster till krossanläggningen längs i öster (motsvarar punkt K1 i Figur 5). Krossanläggningen ligger cirka 400 meter från planområdet. Resultaten från bullerutredningen för utökad täktverksamhet visar inte på någon risk för bullernivåer över gällande riktvärden för bostäder i planområdet.

I miljörapporten för 2014 redovisades följande åtgärder som fabriken använder för att begränsa buller till omgivningen genom avskärmning av bullrande verksamheter/enheter:

- Isolering för att motverka vibration i verksamheter/enheter.
- Inre och yttre inklädnad bestående av ljuddämpande material
- Ljudisolerade byggnader till skydd mot bullrande drift och materialbearbetning
- Ljuddämpare på skorstenar
- Isolera rörledningar och fläktar som finns i ljudisolerade byggnader
- Stäng dörrar och fönster i berörda områden
- Installera ljuddämpare vid luftutlopp t.ex. stoftfiltreringsenheter för utlopp av ren gas.
- Använd ljuddämpare på filterfläktar

Klagomål

Klagomål om buller på grind av Cementas verksamhet redovisas i miljörapporter. Följande klagomål har redovisats under de senaste fem åren:

Under 2014 hade tre klagomål inkommit rörande buller. Två av dessa gällde kolverket och en gällde användning av trimmer, för skötsel av grönytor. Fabriken har åtgärdat buller från kolverket genom nytt isoleringsmaterial i ljuddämpare till kolverket.

Under 2015 inkom ett klagomål på buller vid ett rivningsarbete vid rivning av cyklonsteg. Arbetet avslutades någon dag efter att klagomålet inkom.

Under 2016 inkom två klagomål på buller från filter till silo 5 samt kolfilter. Cementa vidtog därefter reparation av kolfilter pga tidigare brand samt justering av transportsystemet till silo 5 så att filter inte längre behöver användas.

7.1.3 Samlad bedömning av ljudförhållandena

Resultaten från trafikbullerutredningen visar att bullernivåer utomhus vid fasad ligger under riktvärdet för ekvivalent ljudnivå vid fasad på 60 dBA med marginal. För uteplatser visar beräkningar att den delen av området i planområdets norra del som har markerats för lek och umgänge och även andra delar klarar riktvärden för ekvivalent och maximal ljudnivå vid uteplats. Riktvärden för uteplatser klaras därför inom planområdet.

Beräkningar för balkonger ger en indikation på de högsta ljudnivåer som kan förekomma per våningsplan. Ljudnivåerna är helt utan avskärmning av balkonggolv eller sidor och nivåerna är därför något för höga, i synnerhet på de övre våningsplan. Beräkningar visar att den maximala ljudnivån klaras för samtliga balkonger förutom balkonger närmast Södra Bergsvägen på plan ett och två i det västra huset. För den ekvivalenta ljudnivån klarar balkongerna i nordväst av båda husen riktvärdet rakt av utan någon speciell utformning. Vissa andra balkonger i markplan klarar också riktvärdet rakt av. För övrigt uppgår den ekvivalenta ljudnivån på balkonger upp till 55 dBA. Det är framför allt balkonger i söder och öster på båda bostadsbyggnaderna som har högre ljudnivåer.

För industribuller visar en bullerutredning år 2012 att en planerad utökad täktverksamhet inte medför någon risk för bullernivåer över gällande riktvärden för bostäder i planområdet.

Buller från cementfabriken har utretts under de senaste fem åren genom två bullermätningar i kontrollpunkter. Enligt Cementa är det ugnen som ligger 500 meter söder om planområdet som är den största bullerkällan. Bullermätningarna visade att bullernivåer vid planområdet inte överskred villkoren i tillståndet under mättiderna. Riktvärden i tillståndet för Cementa är dock 5 dBA högre än Boverkets riktvärden för bostäder i zon A under dag- och kvällstid. De ljudnivåer som uppmättes vid de två mättillfällen klarade både villkoren i Cementas tillstånd och Boverkets något skarpare riktvärden för zon A. Resultaten indikerar att riktvärden för industribuller för zon A klaras inom planområdet med dagens verksamhet. En förutsättning är dock att verksamheten inte ändras på något väsentligt sätt i framtiden som kan orsaka högre bullernivåer mot norr. Cementfabriken har dock möjlighet att ge upphov till bullernivåer över riktvärden för Zon A under dag- och kvällstid, vilket innebär att villkor i Zon B blir gällande och bostäderna bör utformas med ljuddämpad sida och bulleranpassas.

En samlad bedömning av buller från trafik- och industribuller från beräkningar i denna utredning samt en genomgång av befintligt underlag för industribuller indikerar att bullernivåer vid fasad och på uteplatser klaras för trafikbuller. För att säkerställa att buller från cementfabriken inte blir för högt i framtiden vid en eventuell ändrad verksamhet bör man utgå från riktvärden i Zon B som ställer krav på ljuddämpad sida och att bostäderna buller anpassas.

7.1.4 Tillkommen information efter 2019

En kortfattad industribullerberäkning utfördes under 2021 med syfte att utreda placering och vinkling av de två punkthusen för att möjliggöra så låga ljudnivåer vid fasad som möjligt. Beräkningarna utfördes av Akustikverkstaden (2021-03-23). Slutsatserna var:

- Att huskropparna skyddar fasaderna som vetter från Cementa väl från buller.
- Bottenvåningar drabbas en del från reflektioner från omgivande bebyggelse och kan behöva hanteras med lokala åtgärder.

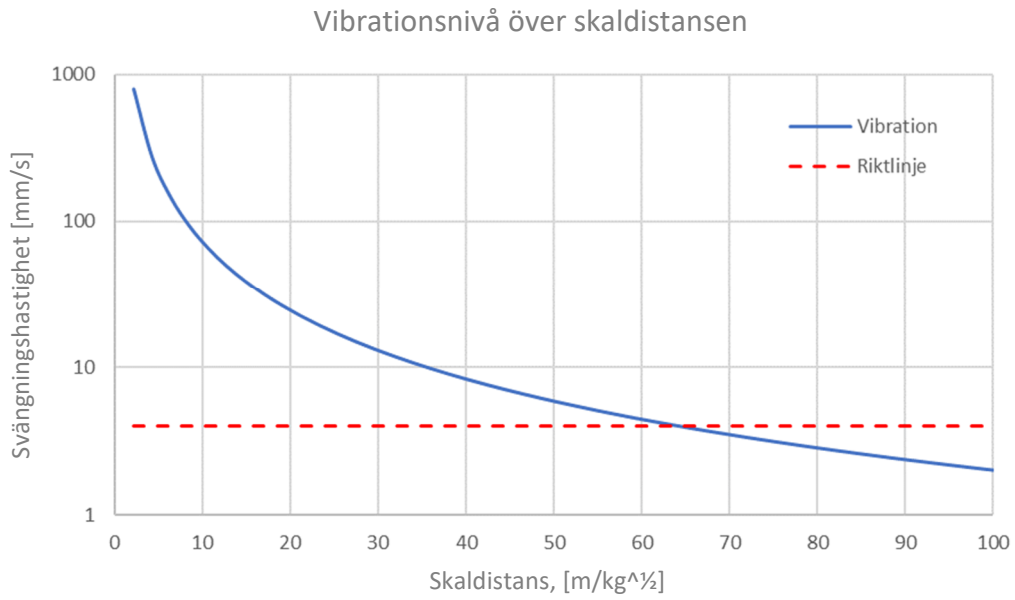
Hur huskropparnas placering påverkar reflektioner som i sin tur påverkar ljudnivån vid befintliga bostäder intill, går inte att utläsas från studien. Det går dock att utläsa att högsta ljudnivåerna beräknas vid låga våningshöjder på de planerade husen, vilket bör indikera

att hushöjderna inte spelar signifikant roll för ljudnivåer, utan att det snarare husens placering.

7.2 Vibrationer

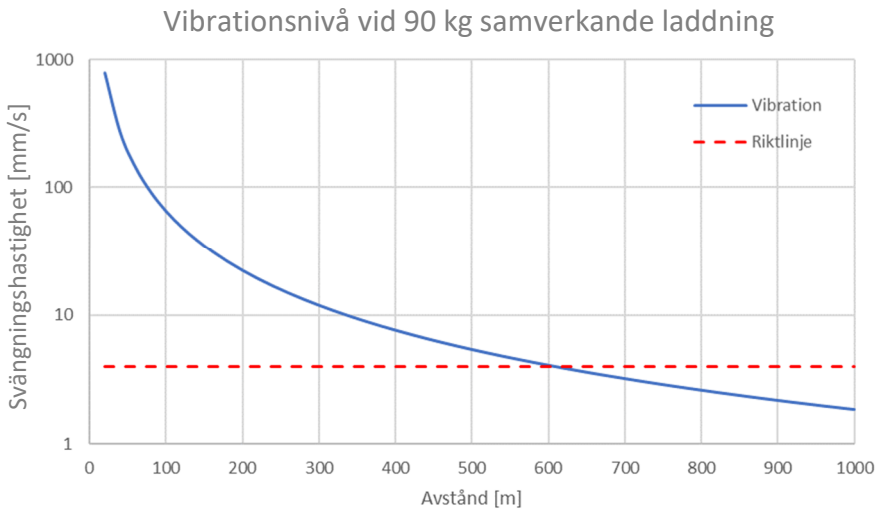
7.2.1 Vibrationer från sprängning

För sprängningsinducerade vibrationer gäller riktvärdet 4 mm/s mätt på grundläggningsnivå för bostäder i området kring kalkbrottet i Skövde. Resultaten för sprängningsinducerade vibrationer över skaldistansen är presenterade i Figur 28. Resultaten är baserade på vibrationsmätningar från provsprängningar som företogs i kalkbrottet i Skövde samt vibrationsmätningar för 393 sprängningar under perioden 2008–2009. Därtill har höjd tagits för ett kopplingstapp mellan undergrunden och byggnadernas grundläggning på – 2 dB.



Figur 28. Svängningshastighet som funktion av skaldistansen $R/Q^{½}$.

Resultaten för sprängningsinducerade vibrationer över avstånd för samverkande laddning på 90 kg redovisas i Figur 29. Resultaten är baserade på utbredningen i Figur 28.



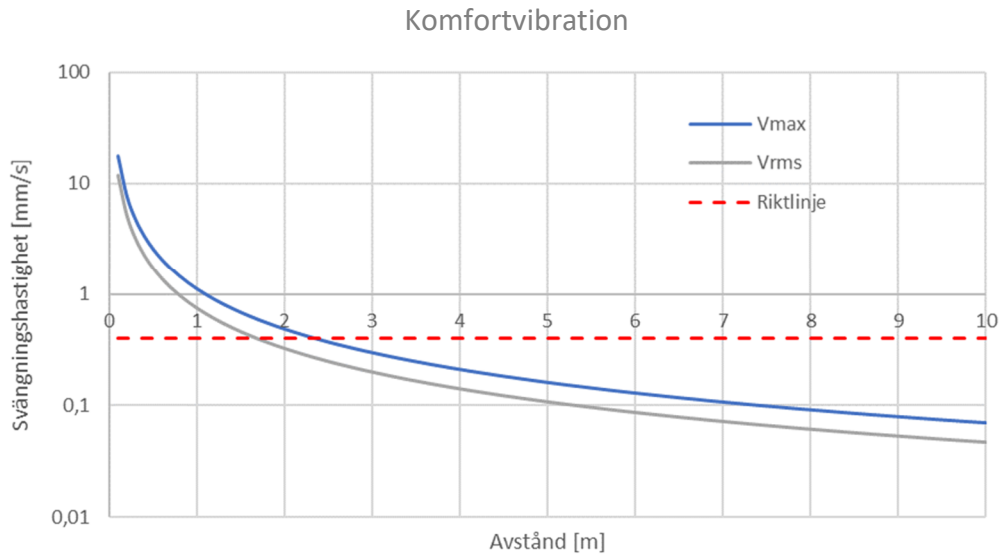
Figur 29. Svängningshastighet som funktion av avstånd i m, för 90 kg samverkande laddning.

Som framgår av Figur 29 bedöms att inga problem med skadliga vibrationer från sprängningsinducerade vibrationer på avstånd över 600 m vid sprängning med en samverkande laddning på 90 kg.

7.2.2 Vibrationer från vägtrafik

För trafikinducerade vibrationer gäller riktvärdet 0,4 mm/s vägd RMS inomhus för komfortvibrationer mätt på golv.

Resultaten för trafikinducerade vibrationer för byggnader grundlagda på berg (i detta fall kalksten) redovisas i Figur 30 nedan. Den maximala svängningshastigheten är baserad på modellen som redovisas i Figur 6 [14]. Det antas att källan har samma karaktäristik som visas för lera i Figur 6, därför estimeras RMS-värdet i golv som 2/3 av den maximala svängningshastigheten.



Figur 30. Svängningshastighet for trafikinducerade vibrationer som funktion av avstånd i m.

Som framgår av Figur 30 kommer det inte uppstå några problem från trafikinducerade vibrationer på avstånd över 2 m från närliggande vägar.

7.3 Luftstötvåg

I avsnitt 6.3 redovisas mätningar av luftstötvåg från sprängningar under perioden 2008–2011. De registrerade värdena ska jämföras med tillåtet värde vilket enligt innevarande täkttillstånd är 300 Pa uttryckt som reflektionstryck (motsvarande 150 Pa frifältstryck) och 200 Pa som reflektionstryck (100 Pa frifält) för 95% av alla sprängningar. Uppmätta värden för luftstötvågor har aldrig varit riktigt nära dessa riktvärden. Trots att det är enstaka ovanligt höga luftstötvågstryck så registreras inga sammanhang mellan tryck och avstånd. De mätningar som har genomförts har skett på jämförbara avstånd som till de planerade bostäderna och nivåerna förväntas vara motsvarande.

Mätningar av luftstötvåg som genomförts under 2018 har skett där den aktiva delen av kalkbrottet har flyttats i förhållande till mätningarna under perioden 2008–2011, och påvisar en lägre nivå av luftstötvågor jämfört med mätningarna 2008–2011.

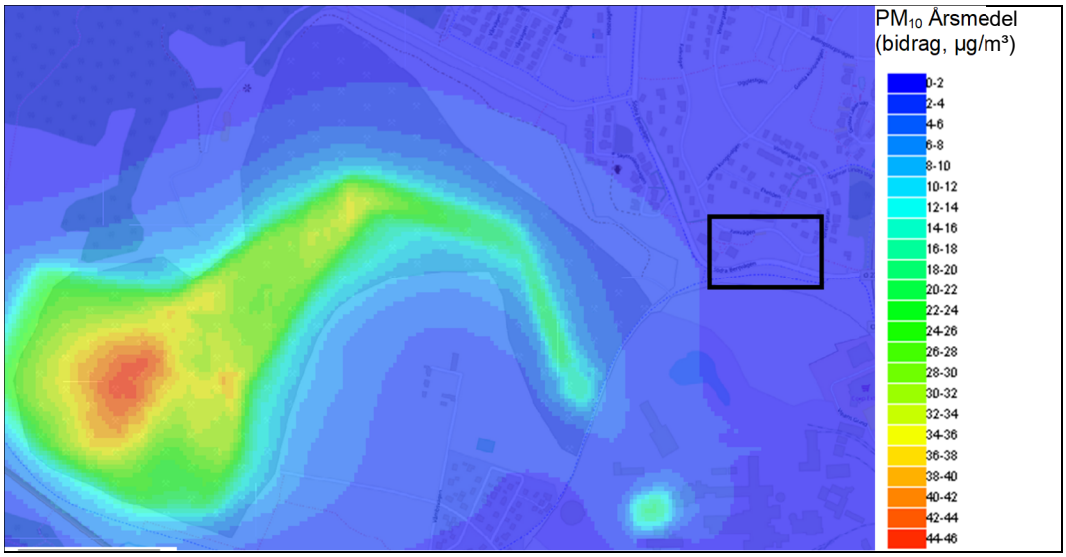
Luftstötvågor från sprängningar i kalkbrottet bedöms inte bli problematisk för planerad nybyggnation.

7.4 Luft

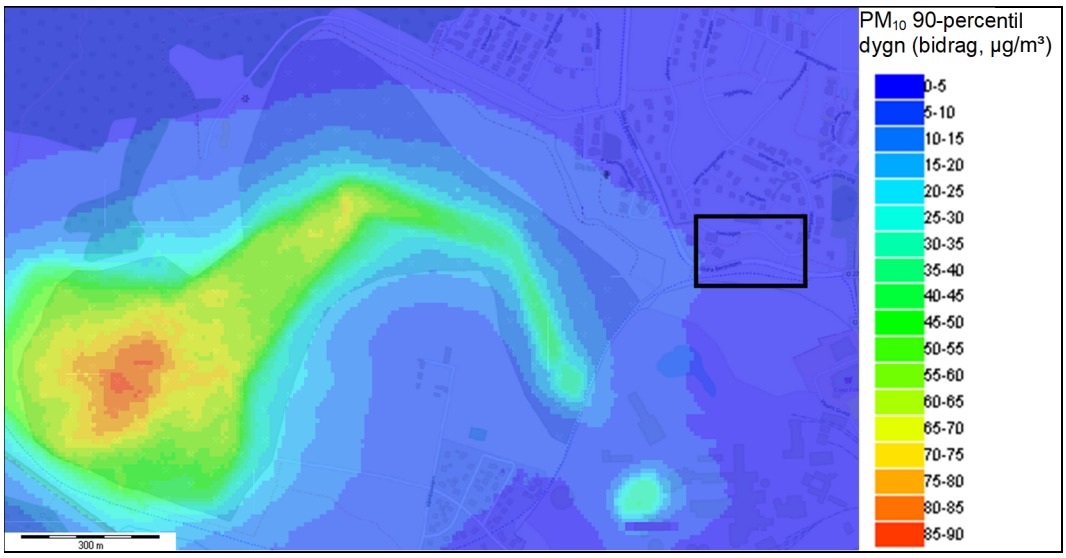
I detta avsnitt redovisas spridningsbilder dels som haltbidrag från Cementa, dels som totalhalter där urban bakgrundshalt, Cementas haltbidrag vid kvarteret Vadden och vägtrafikens bidrag ingår.

7.4.1 Haltbidrag från Cementa

Figurerna i detta avsnitt visar enbart bidraget från Cementa, d.v.s. exklusive bakgrundshalt och vägtrafikens bidrag. Haltbidraget från Cementa uppnår höga koncentrationer inom täkt- och industriområdet, men avklingar relativt snabbt sannolikt till följd av att täktverksamheten till stor del ligger nedsänkt. Bidraget från Cementa till planområdet för kvarteret Vadden är därför litet. Haltbidragen från Cementa som inkluderats i totalhalterna i avsnitt 7.4.2 listas i Tabell 14. För årsmedelvärdet av PM_{10} (damning) uppgår haltbidraget från Cementa till mellan 1 och 2 µg/m³ över planområdet, se Figur 31. För 90-percentilen för dygnsmedelvärdet uppgår bidraget till ca 4 µg/m³, se Figur 32.

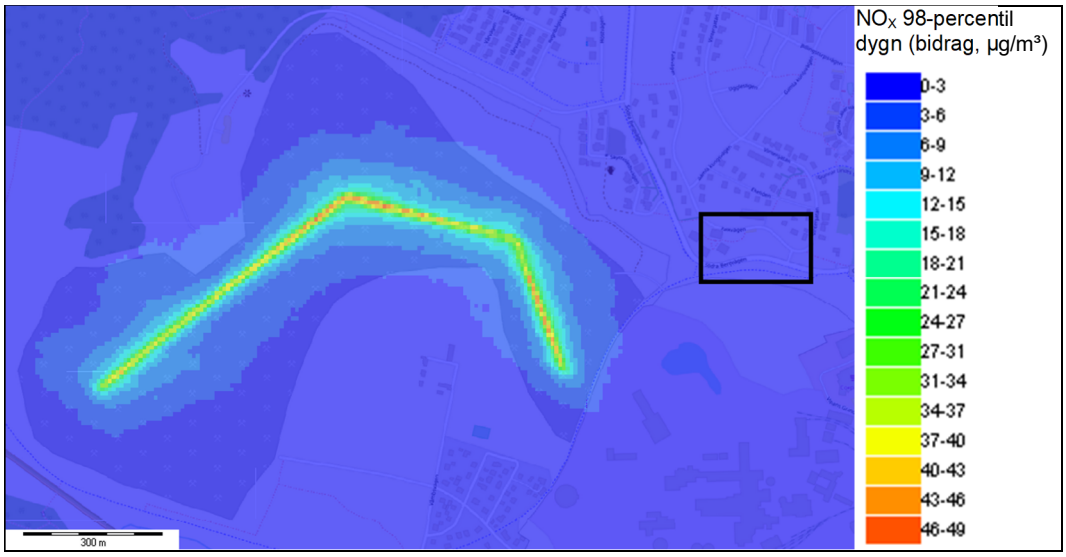


Figur 31. *Haltbidrag till årsmedelvärdet av PM_{10} (µg/m³) från diffus damning inom Cementas verksamhetsområde. Markeringen anger kvarteret Vaddens lokalisering. Bakgrundskarta: © OpenStreetMap*



Figur 32. *Haltbidrag till 90-percentilen för dygnsmedelvärdet av PM_{10} (µg/m³) från diffus damning inom Cementas verksamhetsområde. Markeringen anger kvarteret Vaddens lokalisering. Bakgrundskarta: © OpenStreetMap*

Cementas haltbidrag av NO_X är även det litet inom det planerade kvarteret Vadden. Då höjden på cementugnens skorsten medför att plymnedslaget sker bortanför beräkningsområdet, härrör större delen av haltbidraget vid planområdet från bergtruckarna som går i skytteltrafik mellan täkten och krossen. Inom täktområdet uppnås lokalt relativt höga halter, men för det aktuella planområdet är NO_X-bidraget ca 1 µg/m³ till 98-percentilen av dygnsmedelvärdet, se Figur 33. Notera att detta är haltbidraget i NO_X, ej NO_2. För årsmedelvärdet respektive 98-percentilen av timmedelvärdet uppgår bidraget vid kvarteret Vadden till under 1 µg/m³ respektive ca 2 µg/m³, dessa haltbidragskartor visas dock ej.



Figur 33. *Haltbidrag till 98-percentilen för dygnsmedelvärdet av NO_X (µg/m³) från transporter inom Cementas verksamhetsområde. Markeringen anger kvarteret Vaddens lokalisering. Bakgrundskarta: © OpenStreetMap*

Tabell 14. *Haltbidrag från Cementa till planområdet för kvarteret Vadden.*

Ämne	Årsmedel	98%il dygn	90%il dygn	98%il timme
NO_X (µg/m³)	0,3	1	-	2
PM_{10} (µg/m³)	2	-	4	-

7.4.2 Totalhalter

Haltkartor som presenteras i detta avsnitt visar den totala halten vid planområdet för kvarteret Vadden för nuläget och prognosåret 2035. Bidraget från vägtrafiken och Cementa samt den lokala urbana bakgrundshalten är inkluderade i totalhaltkartorna. Det beräknade bidraget från Cementa har använts för både nuläge och 2035. PM_{10}-halterna visas i Figur 34 till Figur 37, NO_2-halterna ses i Figur 38 till Figur 43. Genomgående för haltkartorna gäller att rosa färg anger överskridande av miljökvalitetsmålet, där sådant finns.

Beräkningarna visar på låga halter av både PM_{10} och NO_2 inom planområdet. PM_{10}-halterna blir något högre år 2035 än i nuläget, och NO_2-halterna blir lägre 2035 än i nuläget. Halterna i planområdet klarar MKN med goda marginaler, även miljökvalitetsmålet klaras.

För $PM_{2,5}$ har inga beräkningar utförts, dock ses att årsmedevärdet av PM_{10} år 2035 beräknas vara lägre än 12 µg/m³ i hela planområdet (Figur 35) och 90-percentilen av dygnsmedelvärdet för PM_{10} beräknas vara lägre än 20 µg/m³ (Figur 37). Då $PM_{2,5}$ utgör en delmängd av PM_{10} framgår att även årsmedelvärdet av $PM_{2,5}$ beräknas ligga under 12 µg/m³ och att MKN för årsmedelvärdet av $PM_{2,5}$ (25 µg/m³) därmed klaras. Dock riskerar miljömålets precisering gällande årsmedelvärdet (10 µg/m³) att överskridas men dygnsmedelvärdet (20 µg/m³) klaras.

För NO_X-beräkningarna år 2035 användes en emissionsfaktor för år 2025 tillsammans med trafiksiffror för år 2035. Detta för att få ett resultat som är representativt för tiden kring inflyttning. Då NO_X-emissionsfaktorerna väntas minska samtidigt som trafiken i området väntas öka kan haltkartorna för NO_2 år 2035 antas visa värsta fallet för både 2025 och 2035.

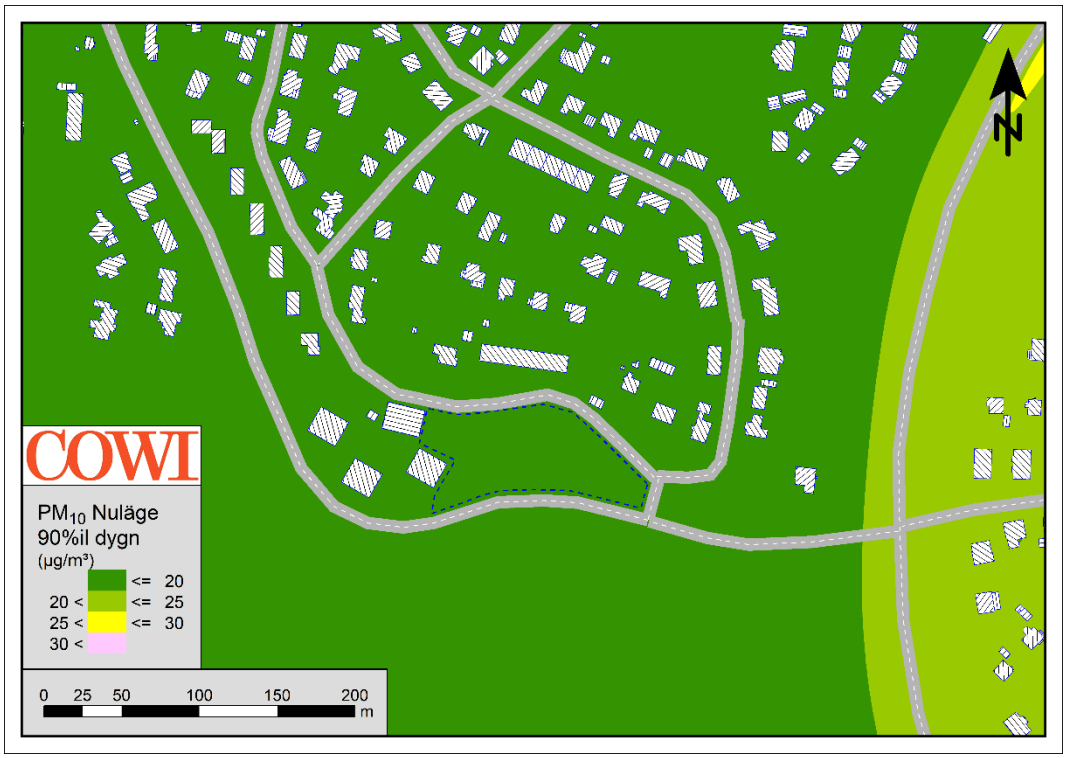
Partiklar (PM_{10})



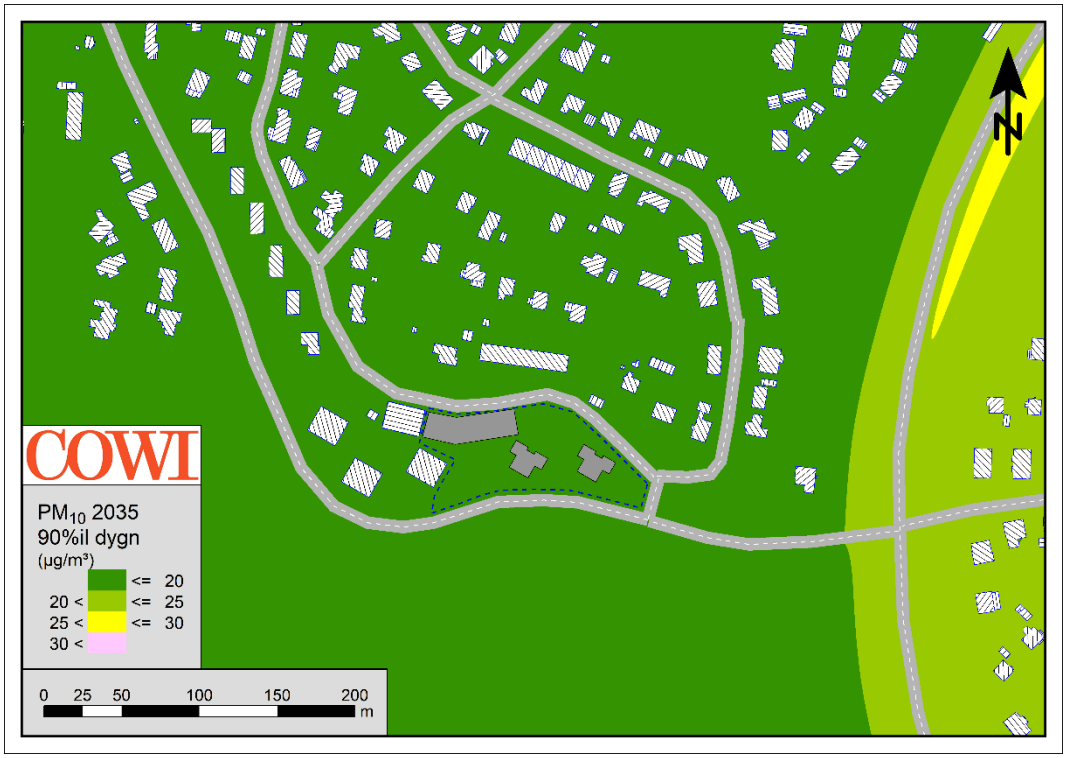
Figur 34. *Årsmedelvärdet av PM_{10} för nuläge. Planområdets utsträckning är markerad med blåstreckad linje. MKN: 40 µg/m³, miljökvalitetsmål: 15 µg/m³.*



Figur 35. *Årsmedelvärdet av PM_{10} för år 2035. Planområdets utsträckning är markerad med blåstreckad linje, nya byggnader är gråmarkerade. MKN: 40 µg/m³, miljökvalitetsmål: 15 µg/m³.*



Figur 36. *90-percentilen för dygnsmedelvärdet av PM_{10} för nuläge. Planområdets utsträckning är markerad med blåstreckad linje. MKN: 50 µg/m³, miljökvalitetsmål: 30 µg/m³.*



Figur 37. *90-percentilen för dygnsmedelvärdet av PM_{10} för år 2035. Planområdets utsträckning är markerad med blåstreckad linje, nya byggnader är gråmarkerade. MKN: 50 µg/m³, miljökvalitetsmål: 30 µg/m³.*

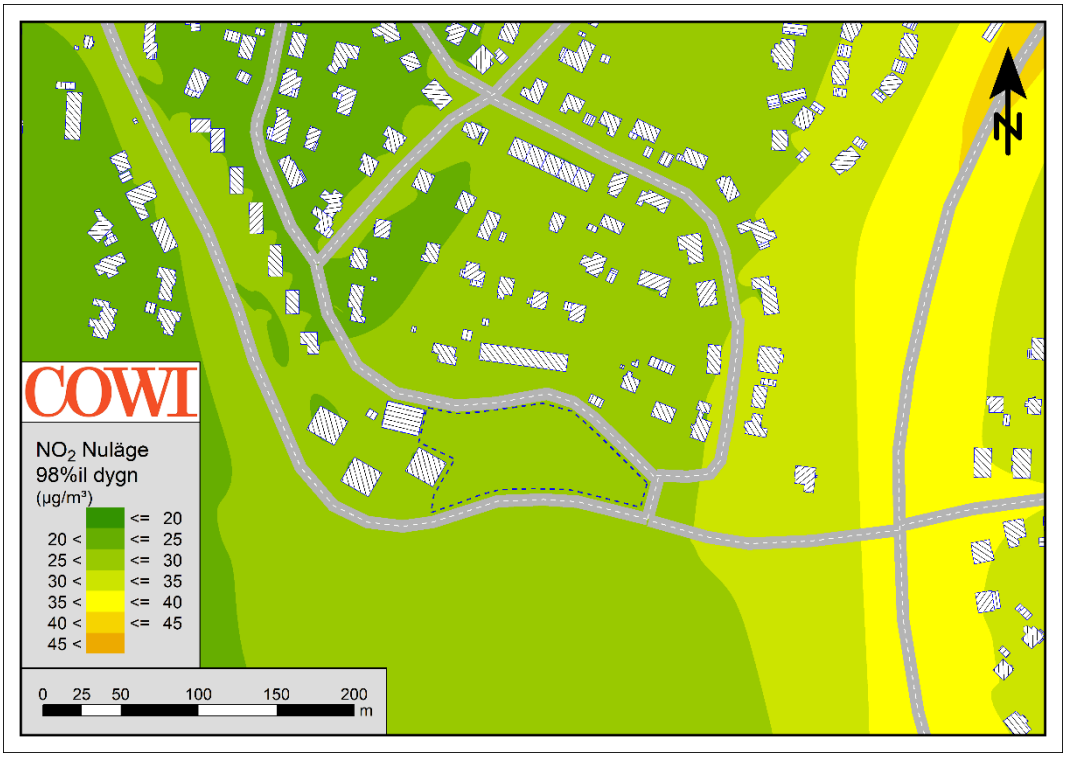
Kvävedioxid (NO_2)



Figur 38. *Årsmedelvärdet av NO_2 för nuläge. Planområdets utsträckning är markerad med blåstreckad linje. MKN: 40 µg/m³, miljökvalitetsmål: 20 µg/m³.*



Figur 39. *Årsmedelvärdet av NO_2 för år 2035. Planområdets utsträckning är markerad med blåstreckad linje, nya byggnader är gråmarkerade. MKN: 40 µg/m³, miljökvalitetsmål: 20 µg/m³.*



Figur 40. *98-percentilen för dygnsmedelvärdet av NO_2 för nuläge. Planområdets utsträckning är markerad med blåstreckad linje. MKN: 60 µg/m³.*



Figur 41. *98-percentilen för dygnsmedelvärdet av NO_2 för år 2035. Planområdets utsträckning är markerad med blåstreckad linje, nya byggnader är gråmarkerade. MKN: 60 µg/m³.*



Figur 42. *98-percentilen för timmedelvärdet av NO_2 för nuläge. Planområdets utsträckning är markerad med blåstreckad linje. MKN: 90 µg/m³, miljökvalitetsmål: 60 µg/m³.*



Figur 43. *98-percentilen för timmedelvärdet av NO_2 för år 2035. Planområdets utsträckning är markerad med blåstreckad linje, nya byggnader är gråmarkerade. MKN: 90 µg/m³, miljökvalitetsmål: 60 µg/m³.*

8 Referenser

[1] Skövde Kommun (2019). "Underlag till upphandling för detaljplan för kv Vadden", daterad 2019-06-26

[2] Boverket (2015). Industri- och annat verksamhetsbuller vid planläggning och bygglovsprövning av bostäder. Karlskrona: Boverket. Rapport 2015:21. ISBN 978-91-7563-258-2.

[3] Svensk Standard, SS 4604866:2011, "Vibration och stöt – Riktvärden för sprängningsinducerade vibrationer i byggnader", utgåva 3, 2011-09-28.

[4] Villkor för täkttillstånd i domslut 2016-03-21 meddelad i Vänersborg (Mål nr. M 770-15).

[5] Buller och vibrationer från trafik på väg och järnväg, TDOK 2014:1021 ver. 2.0, Trafikverket, 2017-03-13.

[6] Svensk Standard, SS 025210:1996, "Vibraton och stöt – Sprängningsinducerade luftstötvågor – Riktvärde för byggnader", utgåva 1, 1996-03-13.

[7] Fenger (2009). Atmospheric environment 43 (13-22)

[8] Sveriges riksdag (2010). "Luftkvalitetsförordning". SFS 2010:477.

[9] Naturvårdsverket (2019). Luftguiden. "Handbok om miljökvalitetsnormer för utomhusluft". Handbok 2019:1.

[10] Excelfil (Trafikdata 20190905.xlsx) från Skövde Kommun

[11] COWI (2017, rev 2018). "Trafikbullerutredning avseende detaljplaner för Billingehus 1 samt Billingehus 2 m.fl., Skövde kommun" (projekt A098884), på uppdrag av Skövde Kommun

[12] NVDB på webb (u.d.), https://nvdb2012.trafikverket.se/SeTransportnatverket, Trafikverket, version 1.0.6.15

[13] Svensk standard – SS 460 48 61; "Vibration och stöt – Mätning och riktvärden för bedömning av komfort i byggnader", utgåva 1, 1992-0909.

[14] SGF Informationsskrift 1:2012, "Markvibrationer" ver. 2013-12-18, Svenska Geotekniska Föreningen
[15] NT ACOU 082, "Nordtest Method – Buildings: Vibration and shock, evaluation of annoyance", 1991-05, Nordtest.
[16] "Riskanalys och vibrationsutredning för Cementas bergtäkt, Skövde", rapportnr. 1231 2033 R 01, 2012-07-11, Nitro Consult AB.
[17] Trafikverket (2016). "Undersökning av däcktyp i Sverige – vintern 2016 (januari–mars)", 2016:115
[18] Cementa, personlig kommunikation med Frida Sveider, augusti-september 2019
[19] COWI & VTI (2018). "Damning och buller vid byggarbetsplatser", daterad 2018-07-13, på uppdrag av Trafikverket
[20] IVL (2014), "Utveckling av metodik för bedömning av diffus partikeldamning från industrier, delrapport Nordkalk", rapport B2165
[21] SLU (2007). "Arbetsmaskiners bidrag till luftföroreningar i tätorter", rapport 2007:02
[22] Sveriges och meteorologiska och hydrologiska institut [SMHI]. (2012). "Luftkvaliteten i Sverige år 2020 – Uppföljning av miljökvalitetsmålet Frisk lift för trafikmiljöer i svenska tätorter". Meterologi Nr 150
[23] Sveriges och meteorologiska och hydrologiska institut [SMHI]. (2018). "VOSS – Verktyg för Objektiv Skattning med Spridningsmodellering". Hämtad 2019-10-08 från http://www.smhi.se/reflab/luftkvalitetsmodeller/objektiv-skattning/voss-1.133876
[24] Brekke & Strand (2018). "Rapport Externt buller – Cementa AB, Immissionsbullermätningar", rapportnummer 5815161 – 8990, daterad 2018-06-04
[25] WSP (2015). Utökad täktverksamhet vid Cementa i Skövde. Externbullerutredning RAPPORT 10159258 R02 daterad 2015-05-20

Bilaga A Miskam-modellen

Miskam betyder Microscale Climate and Dispersion Model. Miskam-modellen är en av de idag mest sofistikerade modellerna för beräkning av spridning avseende luftföroreningar i mikroskala. Det är en tredimensionell dispersionsmodell som kan beräkna vind- och haltfördelningen med hög upplösning i allt från gaturum och vägavsnitt till kvarter eller i delar av städer eller för mindre städer. Det tredimensionella strömningsmönstret runt bl.a. byggnader beräknas genom tredimensionella rörelseekvationer. Modellen tar även hänsyn till horisontell transport (advektion), sedimentation och deposition samt effekten av vegetation och s.k. under-flow dvs effekten av vindmönster under t.ex. broar/viadukter. Föroreningskällorna kan beskrivas som punkt-, linje- eller ytkällor.

Modellen simulerar ett tredimensionellt vindfält över beräkningsområdet varför t.ex. turbulens runt hus samt s.k. trafikinducerad turbulens och därmed marknära strömningsförhållanden återges på ett realistiskt sätt. Denna typ av modell lämpar sig därmed väl även för beräkningar inom tätbebyggda områden där beräkning av haltnivåer ner i markplan skall utföras.

Miskam är speciellt anpassad för planering i planeringsprocesser av nya vägdragningar eller nybyggnation i urbana områden. Modellen är utvecklad av Institute for Atmospheric Physics vid Johannes Gutenberg-universitetet i Mainz.

Miskam-modellen ingår i ett modellsystem, SoundPLAN där även externbuller kan beräknas. Programmet kan räkna i enlighet med alla större internationella standarder, inklusive nordiska beräkningsmetoder för buller från industri, vägtrafik och tågtrafik. Resultatet kan bestämmas i enskilda punkter eller skrivas ut som färgkartor för större ytor.

Bilaga B TAPM-modellen

För spridningsberäkningarna har TAPM (The Air Pollution Model) används, vilket är en prognostisk modell utvecklad av CSIRO i Australien. För beräkningarna i TAPM behövs indata i form av meteorologi från storskaliga synoptiska väderdata, topografi, markbeskaffenhet indelat i 31 olika klasser (t.ex. is/snö, hav olika tätortsklasser m.m.), jordart, havstemperatur, markfuktighet mm. Topografi, jordart och markanvändning finns automatiskt inlagd i modellens databas med en upplösning av ca 1 x 1 km men kan förbättras ytterligare genom utbyte till lokala data. Utifrån den storskaliga synoptiska meteorologin simulerar TAPM den marknära lokalspecifika meteorologin ner till en skala av ca 1 x 1 km utan att behöva använda platsspecifika meteorologiska observationer. Modellen kan utifrån detta beräkna ett tredimensionellt vindflöde från marken upp till ca 8 000 m höjd, lokala vindflöden (så som sjö- och landbris), terränginducerade flöden (t.ex. runt berg), omlandsbris samt kalluftsflöden mot bakgrund av den storskaliga meteorologin. Även luftens skiktning, temperatur, luftfuktighet, nederbörd m.m. beräknas horisontellt och vertikalt.

Med utgångspunkt från den beräknade meteorologin beräknas halter för olika föroreningsparametrar timme för timme och inkluderar, förutom dispersion, även kemisk omvandling av SO_2 och partikelbildning, fotokemiska reaktioner (bl.a. NO_X, O_3 och kolväten) i gasfas samt våt- och torrdeposition. Möjligheten finns också att definiera den kemiska nedbrytnings- samt depositionshastigheten på ett eller flera ämnen i modellen.

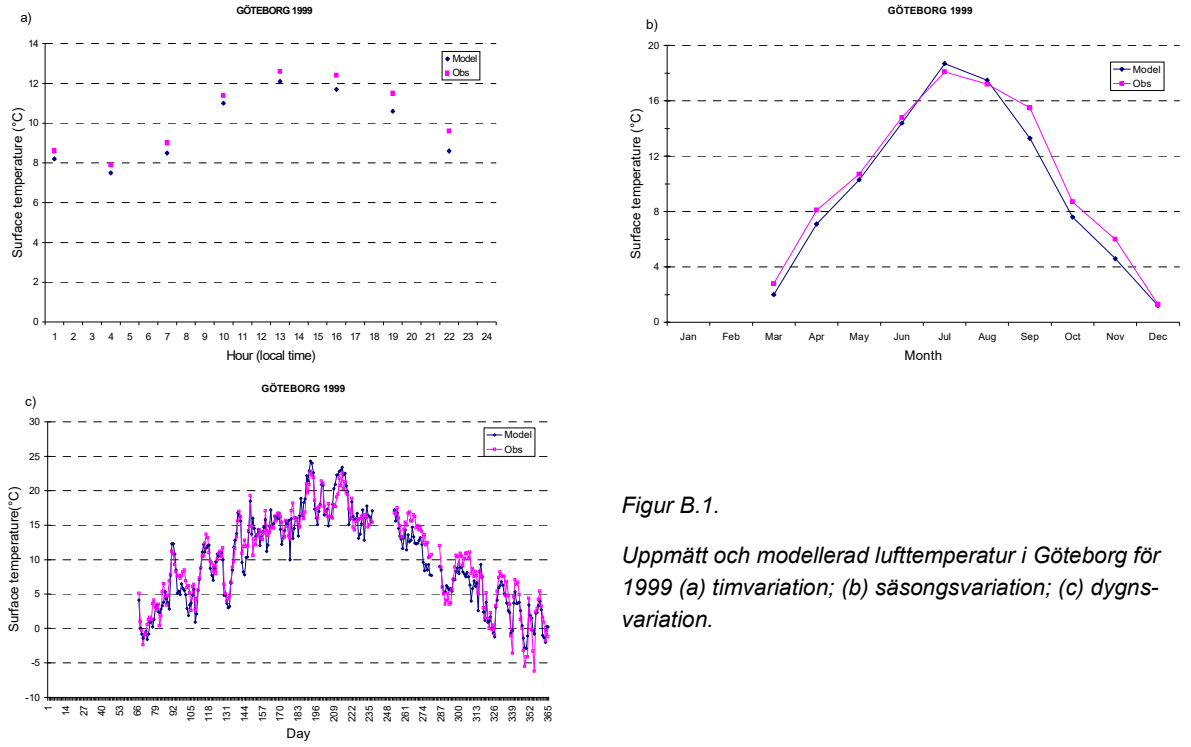
Långdistanstransporterade luftföroreningar kan definieras genom att koppla timupplösta halter till modellkörningarna. Biogeniska ytemissioner (VOC) kan också inkluderas. Detta har visat sig vara viktigt för både ozon- och partikelbildningen (Pun, et al. (2002).

I spridningsberäkningarna kan både punkt-, linje- och areakällor behandlas. Resultatet av spridning av föroreningar såväl som meteorologin presenteras dels i form av kartor, dels i form av diagram och tabeller både som årsmedelvärden och olika percentiler (dygn respektive timmedelvärden).

Modellen har validerats i både Australien och USA, och IVL Svenska miljöinstitutet har också genomfört valideringar för svenska förhållanden i södra Sverige (Chen m.fl. 2002). Resultaten visar på mycket god överensstämmelse mellan modellerade och uppmätta värden.

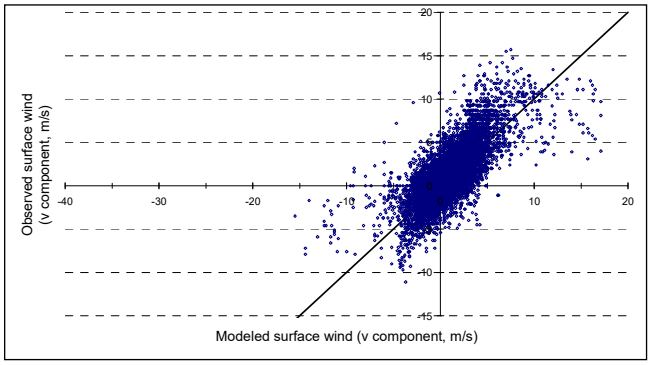
I Chen m.fl., (2002) gjordes även en jämförelse mellan uppmätta (med TAPM) och beräknade parametrar. I Figur B.1 presenteras jämförelsen av temperatur i olika tidsupplösning.

I Figur B.2 presenteras en jämförelse mellan uppmätt och beräknad vindhastighet vid Säve. Jämförelse mellan uppmätta och modellerade ozon- och NO_2-halter har genomförts i Australien (se Figur B.3).



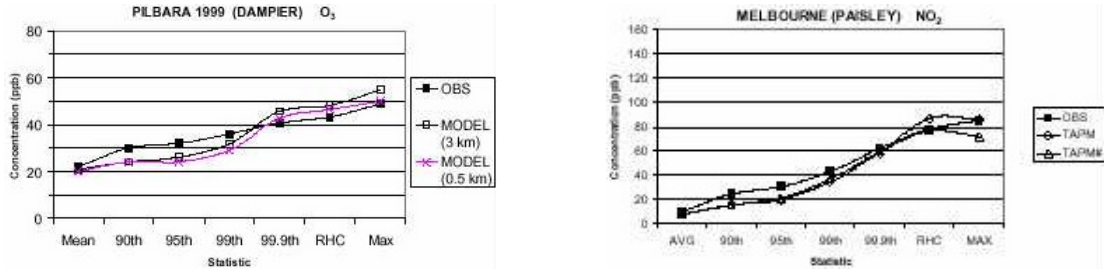
Figur B.1.

Uppmätt och modellerad lufttemperatur i Göteborg för 1999 (a) timvariation; (b) säsongsvariation; (c) dygnsvariation.



Figur B.2.

Jämförelse mellan beräknad och uppmätt vindhastighet vid Säve 1999.



Figur B.3. Jämförelse mellan uppmätta O_3- och NO_2-halter i Australien, gridupplösning 3 x 3 km.

Referenser

Chen m.fl. 2002, IVL-rapport L02/51 "Application of TAPM in Swedish West Coast: validation during 1999-2000"

Pun, B K. Wu S-Y and Seigneur C. 2002: "Contribution of Biogenic Emissions to the Formation of Ozone and Particulate Matter in the Eastern United States" Environ. Sci. Technol., 36 (16), 3586 -3596, 2002.

Bilaga C ADMS-modellen

För att beräkna plymlyftet har modelleringsprogrammet ADMS version 5.2.2 använts. Atmospheric Dispersion Modelling System (ADMS) är en diagnostisk spridningsmodell som är utvecklad av Cambridge Environmental Research Consultants (CERC) i Storbritannien. Den används huvudsakligen för att simulera emissioner från punkt- eller ytkällor (dvs. med varma gaser eller som passiva utsläpp) till atmosfären. Modellen används över hela världen både för beräkning av industriutsläpp och i luftkvalitetsövervakningssyften i t.ex. urbana miljöer. Modellen inkluderar effekten av byggnader, topografi och kust/inlandseffekter vid spridningsberäkningarna. ADMS kan, förutom vanlig spridning, även beräkna torr- och våtdeposition, plymvisibilitet och lukt.

ADMS hanterar såväl timupplösta meteorologiska data såväl som väderstatistik och resultaten kan visas som spridningskartor och/eller i enskilda receptorpunkter i ett antal olika applikationer. Emissioner kan läggas in i ADMS som punkt-, area-, linje-, volym- och så kallade jetkällor.

Eftersom vinden, både riktning och hastighet, är den parameter som starkast påverkar spridningen, oavsett vilken modell som används så är det mycket viktigt att en lokalt framtagen meteorologi används. För att ge relevant lokal meteorologiska indata har modellen TAPM (version 4.0) från Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) i Australien använts. TAPM är en storskalig meteorologisk prognosmodell som behöver indata i form av storskalig meteorologi, topografi, markanvändning m.m. Baserat på detta beräknas lokalt modifierad vind, dvs. avlänkning pga. topografi, sjö/landbris, omlandsbris, inversioner m.m.

Eftersom meteorologin kan variera ganska mycket från ett år till ett annat, är det fördelaktigt att använda ett så kallat meteorologiskt typår för beräkningarna. Ett meteorologiskt typår består av januari för ett år, februari för ett annat o.s.v., för att sammantaget få väderdata för ett typiskt år, baserat på storskaliga vädermönster. Vilka årtal som gäller för olika månader i ett meteorologiskt typår varierar på olika platser i landet.

Bilaga D Trafikbuller

Se separat bilaga med beräkningsbilder.