



Støv fra råstofgrave

Udviklingsprojekt

REGION SJÆLLAND, REGION MIDT, REGION NORDJYLLAND

5. SEPTEMBER 2018

Indhold

1	Projektbeskrivelse	5
2	Sammenfatning	6
2.1	Støvtyper	6
2.2	Årsager til støv	6
2.3	Støvgener	7
2.4	Støvmålinger	7
2.5	Støvberegninger	7
2.6	Grænseværdier for støv	7
2.7	Støvbekæmpelse	7
2.8	Administration af støvgener	8
2.9	Anbefalinger	8
3	Støvtyper	9
3.1	Definitioner på støv	9
3.2	Mineralsammensætning af støv	10
3.3	Sammenfatning	11
4	Årsager til støv	12
4.1	Støvdannelse	12
4.2	Støvårsager i råstofgrave	13
4.3	Sammenfatning	15
5	Miljø-, sundheds- og fysiske effekter af støv	16
5.1	Sammenfatning	16
6	Støvmålinger	17
6.1	Svævestøv - målemetoder	17
6.1.1	Referencemetoden	17
6.1.2	TEOM (Tapered Element Oscillating Monitor)	17
6.1.3	DustTrak og lignende metoder til kontinuert måling	18
6.1.4	Generel overvågning af luftkvalitet i Danmark – Målestationer	19
6.2	Nedfaldsstøv - målemetoder	19
6.2.1	Bulk samplers	20
6.2.2	Eksempel på brug af bulk sampler – Norge	21

6.2.3	Fangplader	23
6.2.4	Vindretningsbestemte metoder	23
6.2.5	Generelt om opsamling i bulk-sampler	24
6.2.6	Usikkerheder på målemetoder	24
6.2.7	Placering af målesteder	24
6.3	Eksempel på måling af støv ved råstofindvinding	24
6.4	Sammenfatning	25
7	Støvberegninger	26
7.1	Regulering	26
7.2	Beregningsmetoder	26
7.3	Usikkerheder	29
7.4	Depositionsberegning	29
7.5	Andre anvendelser af spredningsmodeller	30
7.6	Sammenfatning	30
8	Grænseværdier for støv	31
8.1	Svævestøv, respirabelt støv	31
8.2	Nedfaldsstøv	32
8.3	Sammenfatning	33
9	Støvbekæmpelse - afværgeforanstaltninger	34
9.1	Afværgeforanstaltninger	34
9.2	Støvbindere	36
9.2.1	Vand	36
9.2.2	Salte	36
9.2.3	Lignin	36
9.2.4	Bionedbrydelig støvbinder	37
9.3	Sammenfatning	37
10	Administration af støvgener	38
10.1	Kontrol af driftsparametre	38
10.2	Monitering	39
10.2.1	Måling af vindhastighed og vindretning	39
10.2.2	Monitering af støvbelastningen i området	39
10.3	Sammenfatning	41
11	Konklusion og anbefalinger	42
12	Referencer	44

Bilag 1: Oversigt over metoder til bestemmelse af støvfald

Bilag 2: Reduktion af støvafgivelse ved drift og vedligeholdelse af oplagspladser

Projekt nr.: 229343

Udarbejdet af GLA, LEC, MIEN,
TOST, SIBE
Kontrolleret af HKD, KRKL, CHG,
SSO
Godkendt af GLA

1 Projektbeskrivelse

Region Sjælland, Region Midt og Region Nordjylland har anmodet NIRAS om at udføre et udviklingsprojekt vedrørende støv fra råstofgrave /1/ med følgende indhold:

"Projektet ventes at munde ud i en introduktion af en række omkostningseffektive værktøjer til måling og håndtering af støvproblematikkerne i de enkelte grave.

Implementering af værktøjerne vil kunne bidrage til at afhjælpe støvgener, idet man vil kunne tilrettelægge støvbekæmpelse og -forebyggelse mere effektivt, ud fra et mere oplyst grundlag. Værktøjerne vil kunne bruges af flere aktører. Myn-dighederne vil kunne bruge værktøjerne til at målrette og effektivisere sagsbe-handling, vilkårsstillelse og håndhævelse ift. støv fra råstofgrave, mens indvin-dingsvirksomheder vil kunne forebygge og bekæmpe støv på en mere effektiv måde samt bidrage til at opnå bedre kommunikation og forståelse fra naboer og øvrige interessenter.

Dette vil kunne komme alle involverede parter til gode. Tilsynsmyndighederne vil kunne sætte fokuseret ind overfor et støvproblem, mens indvindingsvirksomhe-derne vil kunne målrette deres støvbekæmpelse mod det forhold, der giver anled-ning til gener og samtidig ikke opleve overregulering. Endelig vil borgerne kunne opleve en bedre og mere effektiv indsats i forhold til at minimere og afhjælpe de gener de måtte opleve i form af støv."

Det er valgt at projektet skal omfatte følgende /2/:

- Projektet omhandler støv fra grusgrave, dvs. indvinding af sand, grus og sten, samt støv fra kalk- og kridtgrave. Dvs. projektet omhandler og konkluderer ikke omkring støv fra indvinding af ler, kvartssand, moler m.m., selv om eksempler fra indvinding af andre råstoftyper inddrages.
- Begrebet støv omfatter alle størrelser og former for mineralkorn og organisk materiale, der transporteres af vinden fra en grusgrav og kalk-/kridtgrav, dvs. også større partikler end silt og ler, svævestøv og lignende, og også korn der transporteres på anden vis end suspension (svævestøv).

Projektet behandler og besvarer overordnet følgende emner /2/:

1. Støvtyper
2. Årsager til støv
3. Miljø-, sundheds- og fysiske effekter af støv
4. Støvmålinger
5. Støvberegninger
6. Grænseværdier
7. Støvbekæmpelse - Afværgeforanstaltninger
8. Administration

Firmaet AKS2tal har bidraget til kapitel 4.2 om støv i grusgrave og kapitel 9 om støvbindere. Til kapitel 6 om støvberegninger har der været en god dialog med FORCE Technology og råd derfra.

2 Sammenfatning

Region Sjælland, Region Midt og Region Nordjylland har bedt NIRAS om at udføre et udviklingsprojekt om støv fra råstofgrave, det vil sige fra grusgrave samt kalk- og kridtgrave. Projektet beskriver støvtyper, årsagerne til at det støver og hvordan støv fra råstofgrave kan skade miljøet og omgivelserne. Der er også set på metoder, udstyr, erfaringer mm. Der er desuden set på muligheden for at beregne retning og mængde af støv, samt muligheden for at fastsætte grænseværdier og erfaringer med grænseværdier fra andre lande. Endelig er der set på måder og værktøjer til at bekæmpe støvgener samt myndigheders mulighed for administration af begrænsning af støvgener.

Der var fra projektstart lagt op til, at metoder og udstyr var hovedfokus for projektets løsningsforslag. Undervejs blev det klart, at fokus ville komme til at ligge på drift og indretning af råstofgraven, samt myndighedskrav til dette. Det skyldes, at med den nuværende viden og erfaring, skønnes indretning af drift at være en bedre løsning for myndigheder og erhverv end håndtering ved måleprogrammer, som beskrevet i det følgende.

2.1 Støvtyper

Materialer i grusgrave samt kalk- og kridtgrave er sedimentter, dannet ved nedbrydning og erosion af bjergarter. Materialerne inddeles i kornstørrelserne ler, silt, sand, grus sten og blokke. Materialerne i grusgrave består altovervejende af mineralet kvarts. Kalk og kridt er dannet af kalkskallede organismer og betegnes skrivekridt, bryozokalk (Danien Kalk) og koralkalk. Materialerne i kalk- og kridtgrave består næsten udelukkende af mineralerne calcit og aragonit.

"Støv" er en populærbetegnelse for materiale mindre end 0,5 mm, og er derfor omfattet af kornstørrelserne sand, fint sand, silt og ler. I luftkvalitetsbekendtgørelsen er sundhedsskadeligt støv defineret som partikler i fraktionerne under 10 µm og under 2,5 µm, kaldet PM₁₀ og PM_{2.5} (0,01 og 0,0025 mm). Disse materialestørrelser betegnes "svævestøv" og svarer til silt og ler. "Nedfaldsstøv" er den del af svævestøvet, der sedimenteres på overflader. Nedfaldsstøv måles som den gennemsnitlige masse, der tilføres en given arealenhed pr. tidsenhed, ofte i enheden g/m²/døgn.

2.2 Årsager til støv

De væsentligste generelle faktorer for støvdannelse i råstofgrave er transport og bearbejdning af råstofferne, vindhastighed, vindeksponering, partikelstørrelse og jordfugtighed. Især vil blæst og tør jordoverflade være væsentlige faktorer. Af ringe betydning antages faktorer som overfladens hældning, kornform og de atmosfæriske forhold.

I grusgrave er de primære støvkilder nedknusning og sortering af råstofferne, materialestakke, samt transport. I kalk- og kridtgrave er de primære støvkilder oparbejdning på tørreflader, fra materialestakke samt ved opsamling og transport.

Det væsentligste støvproblem fra grusgrave, overfor mennesker og dyr, er fysiske gener, f.eks. synligt støv der lægger sig på vasketøj, havemøbler, biler, vinduesrunder m.m. Støv fra grusgrave vil på grund af det høje kvartsindhold også kunne give slibeskader af overflader på biler, ruder m.m.

2.3 Støvgener

I forhold til mennesker og dyr, er de sundhedsskadelige og irriterende effekter af støv fra grusgrave ikke et problem, da der ikke sker en langvarig eksponering af beboelsesejendomme, dyrehold og lignende.

2.4 Støvmålinger

I forhold til støvmålinger konkluderes det, at udstyr til vindretningsbestemte målinger er at foretrække frem for opsamling i spande (bulk samplere), da det kan reducere støvbidrag fra andre kilder og dermed kan medvirke til at reducere fortolkningsproblemer i forhold til, hvor støvet kommer fra. Alternativt opsættes flere spande (bulk samplere) omkring råstofgraven.

Fastsættelse af vilkår for indretning og drift er på nuværende tidspunkt det mest omkostningseffektive for myndigheder og indvindre frem for måling og beregning. Dog, hvis en støvgene eksempelvis optræder i en bestemt vindretning, kan det være aktuelt at foretage målinger, hvis støvpåvirkningen skal kvantificeres.

2.5 Støvberegninger

Der foreligger kun lidt information om beregning af diffust støv og intet fra råstofgrave. Der mangler viden om modellering af diffuse udslip generelt og konkret om støv fra råstofgrave. Desuden er der på nuværende tidspunkt ikke konsensus i Danmark omkring beregninger, og beregninger udført med de kendte danske modeller giver meget usikre resultater. Det er derfor ikke muligt med tilstrækkelig sikkerhed at bestemme retningsudbredelse uden sammenhørende målinger.

2.6 Grænseværdier for støv

I Danmark er der gældende grænseværdier for støv i udeluften (svævestøv) for partikelstørrelserne PM_{10} og $PM_{2,5}$. Disse grænseværdier gælder for udeluft generelt og derfor også for områder nær grus-, kalk- og kridtgrave. Der findes tilsvarende svenske grænse- og målværdier for svævestøv.

I Norge er der en grænseværdi for mængden af nedfaldsstøv. Denne er 5 g/m^2 i løbet af 30 dage. Omregnet til en døgnmiddelværdi giver dette $0,167 \text{ g/m}^2/\text{døgn}$. Der eksisterer ikke i Danmark en grænseværdi for nedfaldsstøv. Der blev i 2002 udført et projekt med forslag til grænseværdi for nedfaldsstøv på $0,133 \text{ g/m}^2/\text{døgn}$. Denne grænseværdi er en maksimal bidragsværdi, dvs. at der kan accepteres et maksimalt bidrag fra den enkelte virksomhed på $0,133 \text{ g/m}^2/\text{døgn}$ ud over det naturlige baggrundsniveau.

2.7 Støvbekæmpelse

Af stoffer til at binde støv på veje, materialepladser mm. er gennemgået fordele og ulemper ved ferskvand, saltvand, lignin (et harpiksprodukt) og en bionedbrydelig støvbinder. Af disse produkter er ferskvand uproblematisk at anvende og det der altovervejende bruges i dag. Saltvand kan ikke anbefales til danske forhold, med mindre miljøet i og omkring råstofgraven i forvejen er påvirket af saltvand fra havet. Lignin kan eventuelt anvendes på køreveje, men der anbefales dog yderligere undersøgelser af produktet i forhold til miljøgener. Bionedbrydelig støvbinder anvendes i enkelte danske grusgrave. Der kan være behov for dokumentation i forhold til miljøgener.

2.8 Administration af støvgener

Administration af støvgener kan ske ved enten kontrol af stillede vilkår for udførelse af driften og/eller ved monitoring. Driftsvilkår bør udarbejdes i tæt samarbejde mellem virksomhed og myndighed og skal tilpasses den enkelte virksomhed og de aktiviteter, der kan medføre diffus støvemission.

Kontrol af drifts- og indretningsvilkår bør ske gennem aktivt tilsyn og ved, at virksomheden fører en driftsjournal. Monitoring af støvbelastning i et givet område kan udføres enten ved visuel inspektion eller ved egentlig måling af støvbelastningen i området.

2.9 anbefalinger

Til det videre arbejde om regulering af støvgener fra råstofgrave har NIRAS følgende anbefalinger:

- Der iværksættes en systematisk undersøgelse af omfanget af støvgener fra råstofgrave.
- Der kan på nuværende tidspunkt i den daglige sagsbehandling sættes på kontrol af indretning og drift af råstofgravene frem for målinger eller beregninger.
- Hvis myndigheden vurderer, at der skal måles, anbefales det at anvende en vindretningsbestemt metode, eller at der opsættes flere bulk samplere omkring den pågældende råstofgrav.
- Gennemføre målinger i en eller flere udvalgte råstofgrave med forskellige metoder, med henblik på at få bekræftet eller afkræftet egnethed og sammenhæng til eventuelle fremtidige grænseværdier.
- At videreudvikle på et katalog over tilgængelige og potentielle virkemidler i forhold til indretning og drift, med hensyn til økonomi og teknik.

Det kan desuden undersøges, om der er behov for at udvikle et planlægningsværktøj til lokalisering af nye råstofgrave med henblik på at forebygge støvgener.

3 Støvtyper

For at få fastlagt begreberne, foretages i dette kapitel en overordnet gennemgang af de forskellige definitioner af støv.

3.1 Definitioner på støv

Materialer i en grusgrav kaldes sedimentære materialer eller sedimenter, dvs. korn dannet ved nedbrydning og erosion af bjergarter. Sedimenter inddeles i kornstørrelser, og hver kornstørrelse får et navn, f.eks. "sand". Betegnelsen "sand" er derfor teknisk/geologisk set ikke en materialetype, men en kornstørrelsesbetegnelse, selv om dagligsproget også bruger begrebet om en materialetype. Inddeling i kornstørrelser efter den geologiske/råstofmæssige skala er /3/, /4/:

Blokke:	> 200 mm
Sten:	20-200 mm
Grus:	2-20 mm
Groft sand:	0,6-2 mm
Mellem sand:	0,2-0,6 mm
Fint sand:	0,06-0,2 mm
Groft silt:	0,02-0,06 mm
Mellem silt:	0,006-0,02 mm
Fint silt:	0,002-0,006 mm
Ler:	< 0,002 mm

Den geotekniske skala er den samme som den geologiske/råstofmæssige undtagen for: grus 2-60 mm, sten 60-600 mm og blokke > 600 mm.

Kalk og kridt i Danmark er biogent dannede sedimenter, dvs. dannet af kalkskal-lede organismer. Lag af kalk og kridt, der indvindes som råstof i Danmark, er næsten udelukkende skrivekridt, bryozokalk (Danien Kalk) og koralkalk (se /9/ for klassifikation og beskrivelse af danske kalkbjergarter). Disse er senere diagenetisk omdannet, dvs. der er udfældet calcitkrystaller mellem kalkskaller og eventuelt kalkslam.

Skrivekridt består af over 80 % kalkkorn mindre end 5 µm, overvejende kokkolitter. Der kan være op til 10 % ikke-karbonatindhold, overvejende lermineraller og i mindre mængde kvarts og pyrit. Skrivekridt er en blød, svagt diagenetisk hærnet kalksten.

Bryozokalk er skeletfragmenter af bryozoaer i en finkornet kalkslam, hvor bryozoaerne ofte danner bankestrukturer. Hærtningsgraden varierer meget i lag af bryozokalk.

Koralkalk består af et netværk af kalkkoraller, med helt eller delvist kalkslam imellem. Kalken er stærk diagenetisk påvirket, så korallernes aragonit er omdannet til calcit, hvorved kalken er stærkt hærnet.

Disse danske kalkråstoffer er derfor i sig selv en fast bjergart, hvis korn og fragmenter godt kan inddeles i ovenstående kornstørrelser. Men da kornene er diagenetisk sammenbundet, har bjergartens kornstørrelsesfordeling ingen betydning for støvdannelse. Først når bjergarten bearbejdes, vil de nedknuste fraktioner fra bearbejdningen kunne være årsag til støv (se kapitel 4).

"Støv" er en populærbetegnelse for materiale mindre end 500 µm (0,5 mm), og er derfor omfattet af sand, fint sand, silt og ler. Ofte bruges betegnelsen støv kun om silt og ler, dvs. fraktionerne mindre end 0,02 mm.

I luftkvalitetsbekendtgørelsen /5/ og EU's luftkvalitetsdirektiv /6/ betegnes sundhedsskadeligt støv som partikler i fraktionerne under 10 µm og 2,5 µm, hhv. PM₁₀ og PM_{2,5} (0,01 og 0,0025 mm). Materiale under de 10 µm (0,01 mm) betegnes "svævestøv" og svarer til silt og ler. Både PM₁₀ og PM_{2,5} er således svævestøv, der defineres som den del af de luftbårne støvpartikler, der holder sig svævende i luften i længere tid, og som dermed med vinden kan transporteres langt væk fra kilden /7/. Svævestøv måles typisk i enheden µg/m³. Opdelingen i PM₁₀ og PM_{2,5} skyldes, at der i EU sættes forskellige grænseværdier for partikler i de to fraktioner (se kapitel 8.1 og Figur 8.1).

"Nedfaldsstøv" defineres som den del af svævestøvet (de luftbårne partikler), der sedimenteres på overflader /7/. Nedfaldsstøv måles som den gennemsnitlige masse, der tilføres en given arealenhed pr. tidsenhed, ofte i enheden g/m²/døgn. Jf. Miljøstyrelsens Referencelaboratorium /8/ vil partikler større end 10 µm ikke svæve langt væk, før de sedimenterer. Af Miljøstyrelsens baggrundsdokument om grænseværdi /7/ fremgår det, at partikler med diameter større end 30 µm (silt, 0,03 mm) vil sedimentere inden for ganske kort afstand fra kilden, dvs. radius på ca. 1 km, og støvgener opleves derfor typisk ikke længere væk end 1-2 kilometer fra kilden. Afhængig af partiklernes form og densitet samt lokale vindforhold, vil de fleste partikler sedimentere inden for 500 meter fra kilden.

Man ser også betegnelsen "flyvesand og "windblown sand" om sand og groft silt, dvs. fraktionen 2 mm – 0,06 mm.

3.2 Mineralsammensætning af støv

Mineralsammensætningen af finsand og silt i danske grusgrave med smeltevands-sand varierer i forskellige egne af Danmark, alt efter hvilket udgangsmateriale en gletsjer har oparbejdet og aflejret i en smeltevandsflod, samt hvad der er dannet sekundært af mineraler efter aflejringen af smeltvandssandet. Generelt kan der om dansk finsand og silt i fraktionen 0-1 mm omtrent være følgende, baseret på NIRAS' erfaringer fra af en række råstokortlægninger:

75-85 % kvarts
0-15 % kalk
0-15 % flint

I denne fine fraktion er der typisk næsten ingen feldspat, som ses i de grovere fraktioner, samt andre mineraler. Der kan forekomme ganske lidt organisk materiale.

I lerfraktionen er der lermineraler (især smectit og illit), kvarts og organisk materiale. Mængden af lerfraktionen i smeltevandsmaterialer kan variere meget, fra 0 til over 40 %.

Mineralsammensætningen af materiale fra danske kalk- og kridtgrave er næsten udelukkende kalkmineralerne calcit og aragonit, både for Bryozokalk, koralkalk og skrivekridt. Dannelsesmåden er forskellig, f.eks. om det er mikroskopiske kalkskaller, koralrev, kalkslam eller kalkcement fra diagenese. Den eneste større mængde af et andet mineral er flint, men da dette forekommer i lag med forholdsvis store knolde, der sorteres fra ved indvinding, indgår det derfor ikke i kalk- og kridtstøv. Dog kan der som nævnt være op til 10 % andre finkornede materialer end kalk og kridt, typisk lermineraler, men også lidt opal og flint /9/.

Endelig kan støv fra grus, kalk- og kridtgrave også blandes med støv fra andre arealer som veje, marker, anden industri m.m. Dette støv kan have helt andre kemiske sammensætninger end ovennævnte mineraltyper, men da det ikke stammer fra grus-, kalk og kridtgrave, vil det ikke blive behandlet i denne rapport. Det er dog væsentligt om man kan skelne kilderne til støv, hvis man skal håndtere problemet.

3.3 Sammenfatning

- Materialer i grusgrave og kalk-/kridtgrave er sedimentter, dannet ved nedbrydning og erosion af bjergarter. Materialerne inddeles i kornstørrelserne ler, silt, sand, grus, sten og blokke. Materialerne i grusgrave består altovervejende af kvarts.
- Kalk og kridt er dannet af kalkskallede organismer og betegnes skrivekridt, bryozokalk (Danien Kalk) og koralkalk. Materialerne i kalk- og kridtgrave består næsten udelukkende af calcit og aragonit.
- "Støv" er en populærbetegnelse for materiale mindre end 0,5 mm, og er derfor omfattet af kornstørrelserne sand, fint sand, silt og ler.
- I luftkvalitetsbekendtgørelsen er sundhedsskadeligt støv defineret som partikler i fraktionerne under 10 µm og 2,5 µm (PM₁₀ og PM_{2,5}, inddelt efter EU-grænseværdier). Disse materialestørrelser betegnes "svævestøv" og svarer til silt og ler. "Nedfaldsstøv" er den del af svævestøvet, der sedimenteres på overflade. Nedfaldsstøv måles som den gennemsnitlige masse, der tilføres en given arealenhed pr. tidsenhed, ofte i enheden g/m²/døgn.

4 Årsager til støv

I dette kapitel forsøges at give et overblik over, hvad der overordnet har betydning for støvdannelse og spredning af støv fra grusgrave og kalk-/kridtgrave.

4.1 Støvdannelse

Om en partikel letter fra jordoverfladen er afhængig af følgende forhold /10/, /11/:

- Transport og bearbejdning. Kørsel med grave-, læssemaskiner og lastbiler, der hvirvler støv op, håndtering af materialerne.
- Vindhastighed (vindstyrke). Med højere vindhastighed, kan større korn transporteres og over længere afstande.
- Vindekspønering. Afhænger af om kornene ligger i læ eller i vindsiden, og hvor langt et stræk der eksponeres. Vindorientering, dvs. hvor vinden kommer fra, spiller også ind sammen med læforhold og vindekspønering. Derimod spiller jordoverfladens hældning en mindre rolle.
- Partikelstørrelse og -densitet (massefylde). F.eks. har vinden sværere ved at fange små partikler, men når de er fanget, transporteres de længere end store, tungere partikler.
- Kornform. F.eks. vil vinden have sværere ved at tage fat i flade korn end mere kubiske korn, men til gengæld vil fladere korn sandsynligvis kunne transporteres længere end kubiske korn.
- Jordoverfladens ruhed. På en grovere overflade (større ruhed) kan et korn lettere fanges af vinden.
- Jordfugtighed. Våde korn er sværere at få til at lette end tørre korn. Bindningen mellem korn afhænger af en række parametre, som f.eks. kornform, kornstørrelse, vandindhold/kapillarkræfter mellem kornene.
- Hvirvelvinde. Små partikler kan løftes op af hvirvler i luftstrømmene
- Hoppende korn (saltation). Nedslag fra andre partikler kan løfte partikler, så de gribes af luftstrømmen. F.eks. kan små partikler komme i svæv på den måde, selv om de ellers ikke ville blive mobiliseret af luftstrømmen.
- Vegetation. Plantevækst holder på kornene.
- Atmosfæriske forhold. Atmosfærisk stabilitet som højtryk og lavtryk og mikroklimatiske trykforskelle ved jordoverfladen kan spille ind på evnen til at danne vind og turbulens.

Af ovenstående faktorer antages transport og bearbejdning, vindhastighed (og dermed også afledte forhold som partikelstørrelse, ruhed/vegetation og hvirvelvinde), vindekspønering, partikelstørrelse og jordfugtighed at spille den største rolle for støvdannelse i grusgrave, kalkgrave og kridtgrave. Især kræves det, at for at det kan støve fra en råstofgrav, skal materialet være tørt.

Betydning af faktorer som f.eks. overfladens hældning er mere usikker, da der ikke har kunnet fremskaffes data om støvdannelse er større fra skrå materiales-takke frem for f.eks. flad grusgrabsbund.

Faktorer som f.eks. atmosfæriske forhold har ringe betydning /10/.

Også kornform skønnes at have mindre betydning for mobilisering og transport (Keld Rømer Rasmussen, Aarhus Universitet, pers. medd.), da materialerne fra både grus- og kalkgrave er så forholdsvis ens i kornform og afrundingsgrad.

At en af de faktorer, der har størst betydning for støvdannelse er vind og tør jord betyder, at årstider med tørt og blæsende vejr har størst betydning for støvdannelse. I Danmark er det typisk, men ikke udelukkende, forår og sommer. Også i frostvejr om vinteren kan der i være så tørt, at der i perioder med blæst opstår støvdannelse. Det har dog ikke været muligt i dette projekt at kortlægge bestemte årstider og dage, hvor der har været flest problemer med støvdannelse.

Sedimenter bevæger sig på tre forskellige måder /11/, /10/: Ved svæv (suspension), hopning (saltation) og krybning.

Materialer i kornstørrelsen grus samt grovere materialer bevæger sig ved krybning, dvs. de ruller og kryber hen over jorden eller laver små hop, hvis de rammes af mindre, hoppende korn. Kun ved stormstyrker begynder gruskorn selv at hoppe. Grus og grovere materiale forventes derfor kun undtagelsesvis at være et støvproblem fra grusgrave.

Materialer i fraktionen sand transporteres overvejende ved hopning og krybning.

Materiale i fraktionen silt og ler transporteres ved svæv (suspension). Dette fine støv kan falde ned på jordoverfladen som svævestøv, og med regn og f.eks. ved at klumpe sig sammen og falde ned som større partikler. Afhængig af partiklernes form og densitet og lokale vindforhold vil de fleste partikler sedimentere inden for 500 meter fra kilden/7/.

Ved uafbrudt jævn vind kan de fine partikler helt fjernes fra en overflade, så kun de grove partikler ligger tilbage. Derved stopper materialetransporten, selv om vinden fortsat blæser. De grove materialer kaldes en ørken brolægning, og som navnet siger, er det et fænomen der kendes fra ørkener. Det skønnes ikke at forekomme i danske grusgrave, da vinden ikke er jævn og da der i mange områder tilføres nyt materiale, f.eks. materialestakke. Om ørken brolægning kan forekomme i kalk- og kridtgrave har det ikke været muligt at afgøre, men heller ikke her er der jævn vind.

4.2 Støvårsager i råstofgrave

De primære støvkilder i en grusgrav kan være følgende:

Oparbejdning:

- Materialestakke kan afgive støv.

Nedknusning:

- Ved læsning af knuseren via læssemaskine (gummiged m.m.) eller transportbånd.
- Under selve knusningen.
- Ved videre fragt ud på transportbånd.
- Materialestakke.
- Ved læsning på lastbiler fra materialestakke.

Sortering:

- Ved læsning af sorteranlæg via læssemaskine (gummiged m.m.) eller transportbånd.
- Under selve sorteringen, dog ikke vådsortering.

- Ved videre fragt ud på transportbånd i forskellige retninger.
- Materialestakke.
- Ved læsning på lastbiler fra materialestakke.

Transport:

- Når lastbiler, gravemaskiner, læsemaskiner og dumpere kører rundt på interne grusveje og ikke-befæstede arealer (uden asfalt, beton, brolægning og andet fast underlag). Hertil også støv fra selve læsset.
- Når lastbilen kommer ud på befæstede områder og offentlig vej, falder sand af fra dækkene og giver støv.

Indvinding:

- Gravefronten og nedskridende materiale kan afgive støv.

Indvinding af kalk og kridt foregår på følgende måde /12/: Over grundvandsspejlet oprives kalken først med en tandharve, som er monteret på en scraper, hvorefter en tallerkenharve trækkes hen over overfladen. Kalken skal nu soltørre ned til ca. 18 % vand. Derefter opsamles kalken med scraperen, samtidigt med at der tandharves i samme operation.

Scraperen aflæsser kalken i en stak ved siden af produktionshallen. Fra stakken læsses kalken løbende i påslaget ved hjælp af en gummiged. Fra påslaget transporteres kalken på et bånd til harperiet, som knuser kalken til mindre end 20 mm. Den knuste kalk lagres i kalkladen, for senere at blive læsset ved hjælp af en gummihjulslæsser.

Under grundvandsspejlet brydes kalken fra mindre graveceller med en wirekran og udlægges på tørrefladerne, hvor den tørrer og indsamles som beskrevet ovenfor.

De primære støvkilder i en kalk- eller kridtgrav kan være følgende:

Oparbejdning:

- Tørreflader og materialestakke kan afgive støv.

Transport:

- Når der med scraperen opsamles og transporteres råstof til produktionshal
- Når lastbiler, gravemaskiner, læsemaskiner og dumpere kører rundt på interne ikke-befæstede veje og arealer (uden asfalt, beton, brolægning og andet fast underlag).
- Når lastbilen kommer ud på befæstede områder og offentlig vej, falder kalk af fra dækkene og giver støv.

4.3 Sammenfatning

- De væsentligste generelle faktorer for støvdannelse i råstofgrave er transport og bearbejdning af råstofferne, vindhastighed, vindeksponering, partikelstørrelse og jordfugtighed. Især vil blæst og tør jordoverflade være væsentlige faktorer.
- Af ringe betydning antages faktorer som overfladens hældning, kornform og de atmosfæriske forhold
- Af materialernes tre transportmåder svæv (suspension), hopning (saltation) og krybning, er svæv den væsentligste for støvdannelse.
- I grusgrave er de primære støvkilder nedknusning og sortering af råstofferne, materialestakke, samt transport. I kalk- og kridtgrave er de primære støvkilder oparbejdning på tørreflader, fra materialestakke samt ved opsamling og transport.

5 Miljø-, sundheds- og fysiske effekter af støv

I dette kapitel gennemgås kort de forskellige kort- og langtidseffekter af støv for at indkredse, hvad støv kan gøre ved mennesker og dyr, samt kemisk og fysisk ved genstande og miljøer som huse, biler, marker m.m.)

I forhold til mennesker og dyr, er sundhedsskadelige og irriterende effekter af støv fra grusgrave ikke et problem. Beboelsesejendomme, dyrehold og lignende eksponeres forholdsvis kortvarigt for støv, og eksponeringen sker i det fri, hvor der er skiftende vindretninger. Eksponeringen for denne type støv kan medføre kortvarige lokale sundhedsmæssige irritationer, men der er ikke i dette projekt fundet undersøgelser der tyder på kroniske følger. Det samme gælder for kalk- og kridtgrave, hvor støv næsten udelukkende består af calcit, som beskrevet i kapitel 3.2. Derimod kan kalkstøv på planter/afgrøder ændre pH på en u hensigtsmæssig vis.

Støv fra grus-, kalk- og kridtgrave vil i højere grad være en fysisk gene, hvor synligt støv ophobes på f.eks. vasketøj, havemøbler, biler, vinduesruder m.m. Støv fra grusgrave vil på grund af det høje kvartsindhold også i visse tilfælde kunne give slibeskade overflader på biler, ruder m.m.

5.1 Sammenfatning

- Støv kan have forskellige kort- og langtidseffekter overfor mennesker og dyr, samt kemisk og fysisk effekt på genstande og miljøer som huse, biler, marker m.m.
- Heraf er fysiske gener det væsentligste problem. F.eks. synligt støv der lægger sig på vasketøj, havemøbler, biler, vinduesruder m.m.
- Støv fra grusgrave kan på grund af det høje kvartsindhold også give slibeskade overflader på biler, ruder m.m.
- I forhold til mennesker og dyr er sundhedsskadelige og irriterende effekter af støv fra grusgrave ikke et problem, da der ikke sker en langvarig eksponering af beboelsesejendomme, dyrehold og lignende.

6 Støvmålinger

I dette kapitel er forskellige danske og udenlandske målemetoder og deres udstyr beskrevet, herunder målemetoder for henholdsvis svævestøv og nedfaldsstøv, dvs. støv i luften og nedfaldet støv.

Ud over støvmålinger kan monitoring af støv også udføres i form af visuel inspektion. Dette er den gængse støvbestemmelse for råstofmyndighederne. Det er dog ikke denne rapports ærinde at gennemgå metoder og erfaringer med visuel bedømmelse.

6.1 Svævestøv - målemetoder

Som nævnt i kapitel 3.1 skelner man mellem PM_{10} og $PM_{2,5}$, dvs. massen af partikler mindre end 10 μm , henholdsvis 2,5 μm i diameter. En anden målestok for partikelforurening, som tidligere ofte blev benyttet, er TSP (total partikulært svævestøv), der også omfatter større partikler end 10 μm . Der benyttes nu grænseværdier for PM_{10} og $PM_{2,5}$. Tidligere blev benyttet grænseværdier for TSP (svævestøv), der omfatter alle luftbårne partikler, som opsamles på et filter med "åben" indsugning. Det vil i praksis sige partikler op til 25-80 μm afhængig af vindhastigheden /14/. Målemetoder til måling af TSP er ikke medtaget nedenfor. Om grænseværdier, se kapitel 8.

Det er fælles for nedenstående 2 metoder (reference- og TEOM- metoderne) til måling af svævestøv, at luften suges ind gennem et partikelindtag, som udskiller partikler større end 10 μm eller større end 2,5 μm .

Ifølge et notat, udarbejdet af FORCE Technology /15/, skal PM_{10} i henhold til EU's regler for luftkvalitet kunne dokumenteres overholdt som en døgnmiddelværdi. Derfor skal målemetoden som minimum kunne vise døgnmiddelværdier.

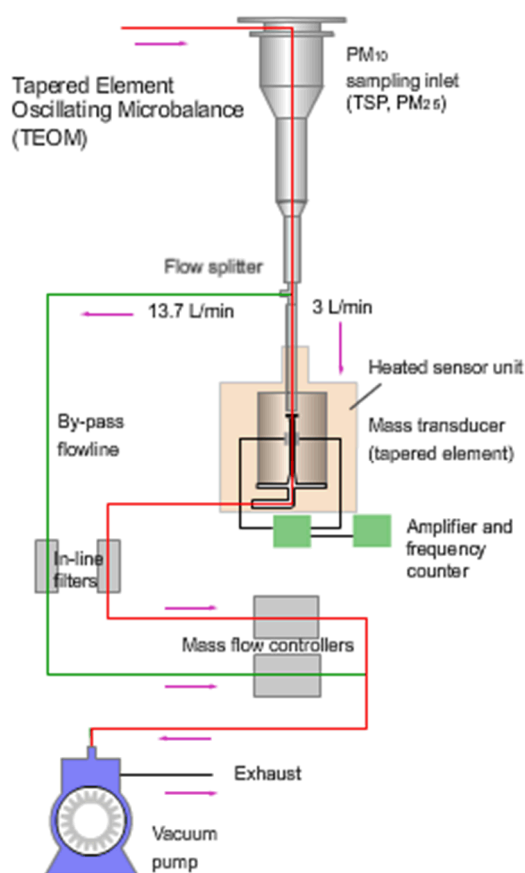
6.1.1 Referencemetoden

Referencemetoden består i en opsamling over 24 timer af de luftbårne partikler på filtre, idet der anvendes en forudskiller for partikler større end PM_{10} . Den opsamlede partikelmasse vejes efterfølgende. Metoden er detaljeret beskrevet i DS/EN 12341:2014 /16/.

6.1.2 TEOM (Tapered Element Oscillating Monitor)

En anden metode, som er valideret over for referencemetoden og godkendt i luftkvalitetsbekendtgørelsen /5/, er måling med TEOM (Tapered Element Oscillating Monitor), se Figur 6.1. Ved denne metode suges luften ind gennem en forudskiller for partikler større end PM_{10} , og partikler afsættes på et vibrerende element og dæmper dermed elementets svingninger. Dæmpningen omsættes til massekoncentration. Metoden registrerer koncentrationen af partikler kontinuert, og der kan vises middelværdier for f.eks. 1 minut, 5 minutter eller andet. Middelværdien på døgn- og årsbasis kan beregnes. Denne metode er god til at vise enkelthændelser og evt. kombinere disse med målte vindretninger og vindhastigheder. Det muliggør derved en efterforskning af årsagssammenhænge.

Af hensyn til stabiliteten af målingerne holdes systemet på en relativ høj temperatur i forhold til omgivelsernes lufttemperatur. Herved mistes en del af de flygtige forbindelser i støvet. TEOM metoden har til gengæld den fordel, at man kan få målinger med høj tidsopløsning. Resultaterne for TEOM-metoden er ikke nødvendigvis umiddelbart sammenlignelig med referencemetoden, og resultater fra TEOM-metoden kan ikke umiddelbart sammenlignes med EU's grænseværdier. EU kommissionen accepterer dog for PM_{10} at TEOM-resultater ganget med 1,3 er gyldige til sammenligning med grænseværdierne. Når DCE angiver resultater for målinger af partikelkoncentration er det normalt klart angivet, såfremt TEOM-metoden er benyttet /15/.



Figur 6.1: Eksempel TEOM-målemetode – principskitse /20/.

6.1.3 DustTrak og lignende metoder til kontinuert måling

Der findes flere andre metoder til kontinuert måling, f.eks. med en monitor af typen DustTrak, som anvender et lysoptisk princip. Luft ledes ind i en målecelle, hvor en lysstråle brydes afhængig af antallet af partikler og disses størrelse. Der kan vises antal af forskellige partikelstørrelsesfraktioner og massen kan beregnes baseret på densiteten af partiklerne og en antagelse af, at de er sfæriske. Optiske metoder er typisk kosteffektive, men bør kalibreres over for de aktuelle partiklers sammensætning og egenskaber.

6.1.4 Generel overvågning af luftkvalitet i Danmark – Målestationer

Der udføres målinger af luftkvalitet på flere målestationer i Danmark for bl.a. PM₁₀ og PM_{2,5}. Disse målinger omfatter partikler fra alle kilder, herunder blandt andet fra trafik, energianlæg, brændeovne og langtransporterede partikler. Se rapporten "Den nationale overvågning af luftkvaliteten i Danmark" for yderligere oplysninger /14/.

6.2 Nedfaldsstøv - målemetoder

Jf. Miljøstyrelsens baggrundsdokument for grænseværdi /13/ har der igennem mange år været benyttet en række forskellige metoder til måling af nedfaldsstøv i tilfælde, hvor der har været risiko for støvgener omkring støvende aktiviteter eller klager. Nedfaldsstøv bestemmes ved opsamling af støvet på et kendt areal over en kendt tid. I enkelte tilfælde, hvor der har været en risiko for en væsentlig forøgelse af det samlede indhold af svævestøv i omgivelsesluften, har målemetoder til bestemmelse af totalsvævestøv været inddraget.

Se også bilag 1: "Oversigt over metoder til bestemmelse af nedfaldsstøv. Metodebeskrivelse, fordele og ulemper, jf. /12/".

Såfremt der af tilsynsmyndighederne har været fremsat krav til det maksimale støvfald i omgivelserne, har der været lagt vægt på, at metoden gjorde det muligt at sammenligne med de stillede kravværdier. Endvidere har det været væsentligt, at udstyret kunne sandsynliggøre de deponerede partiklers oprindelse. Dette har været gjort på forskellige måder. Kildestyrken har blandt andet været vurderet ved at:

- sammenligne det målte støvfald med meteorologiske parametre, herunder især vindretninger
- sammenligne støvfaldspartiklers morfologi ved hjælp af lysmikroskopi og under brug af referencematerialer
- udføre en kemisk analyse af partiklernes bestanddele (for eksempel for indhold af grundstoffer ved PIXE (protoninduceret røntgen emissions-spektrometri) eller scanning elektronmikroskopi. Det kemiske "fingeraftryk" kan derefter sammenlignes med referencematerialers sammensætning.

Der findes en række standarder for bulk sampling, det vil sige opsamlingsmetoder, der opsamler støvfald i hele måleperioden og derfor måler depositionen af partikler uanset vindretninger, og uanset om der er tale om våd- eller tørdeposition.

Disse metoder vurderes at være egnede til bestemmelse af det samlede støvfald i et område, men når bidraget fra en bestemt kilde skal bestemmes, anbefales det at benytte en vindretningsbestemt metode. Vindretningsbestemte metoder omfatter metoder, der opsamler støv fra givne vindretninger og dermed – med større sikkerhed – kan bestemme den samlede mængde støv, der deponeres i et område fra en given kilde.

6.2.1 Bulk samplere

Miljøstyrelsens baggrundsdokument grænseværdi /13/ har støvfald typisk været målt med bulk samplere, dvs. med opsamlere der er åbne i hele måleperioden, og derfor måler depositionen af partikler uanset vindretninger, og uanset om der er tale om våd- eller tørdeposition. Af hensyn til vurderingen af partiklernes oprindelse bør bulk samplere benyttes med en så lav tidsopløsning som muligt. Traditionelle bulk opsamlingsmetoder kræver typisk, at opsamlingen foregår over mindst 14 dage, for at der er opsamlet nok stof til den efterfølgende analyse. De enkelte episoder, hvor støvfald medfører gener, sker sjældent over mere end et par døgn af gangen på grund af skiftende vindforhold. Derfor vil støv, opsamlet med traditionelle bulk metoder, næsten aldrig bestå udelukkende af partikler fra en bestemt vindretning, og det vil ud fra resultatet være meget vanskeligt at fastlægge, om en eventuelt forhøjet værdi skyldes en bestemt kilde.

Princippet for opsamling med bulk sampleren er, at luftbårne partikler "deponeres" i en beholder, som passivt opsamler sedimenterende støv. De sedimenterede partikler bindes til en opsamlingsvæske i beholderen.

Opsamlingsvæsken består af demineraliseret vand, der er tilsat et algehæmmende middel (typisk methoxyethanol eller kobbersulfat). Ved den efterfølgende analyse skelnes der mellem den fraktion af støvfaldet, der under opsamlingen er blevet opløst i vandet (=opløseligt støvfald), og den fraktion der ikke er opløst i vand (= uopløseligt støvfald). Uopløseligt støvfald bestemmes ved filtrering af partiklerne i opsamlingsvæsken, og opløseligt støvfald bestemmes ved inddampning af det resterende filtrat. Såfremt der er tilsat et algehæmmende middel, der ikke fordampes under inddampningen (for eksempel kobbersulfat), skal der ved bestemmelse af den opløselige fraktion korrigeres for indholdet af det algehæmmende middel.

Metoder til støvfaldsmåling kan have til formål at kvantificere støvfaldet og/eller at karakterisere de sedimenterede partikler. Med bulk sampler bør der typisk foretages målinger omkring kilden i minimum tre positioner, herunder en referenceposition, og der bør samtidig foretages målinger over længere tidsrum (flere måneder) for at opnå tilstrækkelig sikkerhed for, at målingen er repræsentativ.

Opsamling i bulk sampler foregår i henhold til en norsk standard som beskriver bulk samplerens udseende og montering og den krævede højde over jorden (ca. 1,8 meter), se næste kapitel 6.2.2. Et væskeindhold i bulk sampleren fastholder evt. støv, som falder i bøtten, og efter eksponering filtreres og vejes indholdet. Den fundne masse omregnes til g/døgn/m². Metoden er velegnet til at give et generelt billede af støvpåvirkningen af et givent område, men den er ikke velegnet til at dokumentere om den foreslåede grænseværdi er overholdt, idet denne er rettet mod en enkelt kilde. Der skal derfor benyttes en metode, som kun samler støv op, når vinden er i retning fra kilden.

6.2.2 Eksempel på brug af bulk sampler – Norge

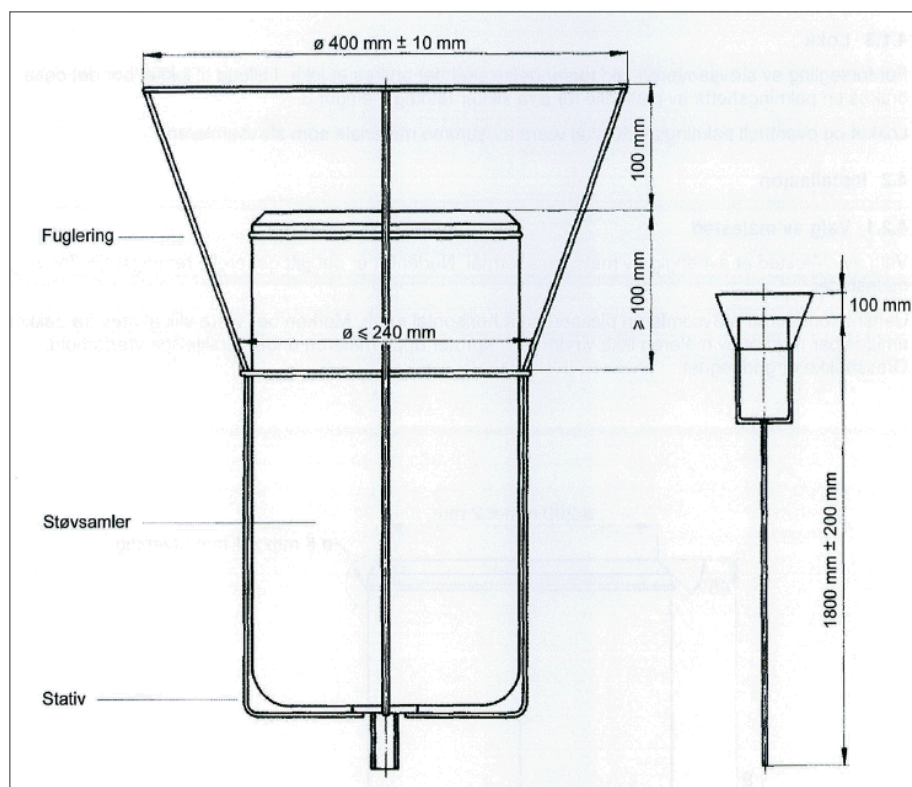
I det følgende gennemgås erfaringer fra Norge med nedfaldsstøv, som NIRAS Norge har indhentet:

Udstyr:

Udstyr for måling af støvnedfald er specificeret i Norsk Standard (NS 4852:2010), "Luftundersøkelser, Uteluft, Måling av støvnedfall" /17/. Støvsamleren er en fladbundet cylinder med udvendig højde på 400 mm +/- 10 mm. Samleåbningen skal være cirkulær med en diameter på 200 mm +/- 2 mm. Cylinder materialet skal være egnet for støvsamling og polyetylen er beskrevet som et sådant materiale.

Støvsamleren skal ved opsætning tilsættes noget vand for at undgå udtørring. Der kan tilsættes stoffer for at hindre alge- og bakterievækst om sommeren og frysningsmiddel om vinteren. Norsk standard (NS 4852:2010 /17/) har en liste over anvendelige stoffer.

Stativet til støvsamleren skal placeres 1,8 m +/- 0,2 m over underlaget eller jordoverfladen. Se Figur 6.2 for placering af støvsamler og stativ. Stativets materiale skal kunne tåle nedbør. Stativet fastgøres til et jordspyd eller en fjeldbolt og man må fæstne barduner for at hindre, at stativet svinger og bøjer på grund af vind. Figur 6.3 viser en påmonteret støvsamler.



Figur 6.2: Eksempel på støvsamler, stativ og fuglering med måltal. Fra /17/.



Figur 6.3 Støvsamler og stativ fra et vilkårligt projekt i Norge.

Målehyppighed:

Anbefalet måleperiode, eksponeringstid, er sat til 30 døgn +/- 2. I tilfælde af meget støvnedfald eller ekstreme metrologiske forhold som tørt vejr eller meget regn, kan eksponeringstiden forkortes til 15 døgn +/- 1. Det anbefales at målingerne foregår sammenhængende over mindst et år for at tage højde for årstidsvariationer.

Måling:

I norske stenbrud (pukkverk) foregår der knusning, lagring, lastning og transport. Det er især knusning, transport og lagring af "finstof" (0-4 mm), som erfaringsmæssigt bidrager mest til støvspredning. Dette varierer med blandt andet forekomstens areal, topografi, nedbør og dominerende vindretning mod naboer.

Der bør føres en logbog, hvor både klimatiske og produktions-/driftstekniske forhold, som kan have betydning for støvflugt, kommenteres. Det skal bruges som information for afklaring af eventuelle overraskende høje niveauer af mineralsk nedfaldsstøv.

Af totalt støvnedfald vil det organiske nedfald (vandopløseligt) bestå af pollen, planterester, insektfragmenter, tekstilfibre og forbrændingsprodukter. Det uorganiske nedfald er mineralpartikler (vanduopløseligt), som hovedsagelig er bidrag fra råstofaktiviteten.

Prøverne sendes ind til et akkrediteret laboratorium. I Norge er det bl.a. NILU (Norsk Institutt for Luftforskning) og Sintef Molab. Den vandopløselige del separeres fra den vandopløselige del ved hjælp af filtrering i en Bucher-tragt med vandstrålepumpe og sugokolbe. For at fjerne uvedkommende materialer som blade, insekter og lignende lægges et net over tragten. Filtrene er på forhånd tørret ved 100-105 ° C og kalibreres før bestemmelse ved vejning af prøvemateriale. Hvis den mineralske del af nedfaldsstøvet skal bestemmes, kan dette gøres med egnede filtre som kan afbrændes ved 550 ° C, hvorved det organiske materiale forsvinder.

Fordeler og ulemper ved metoden:

En fordel er, at målemetoden giver en ide om, hvilket niveau støvnedfald som naboer og nærmiljø eksponeres for ved virksomhedens produktion. Metoden er billig og enkel.

Ulempen er, at metoden er grov; man får kun et tal for totalt støv. Man vil ikke få et differentieret billede af støvnedfaldet i løbet af måleperioden 30 dage, for eksempel om der i visse perioder er meget støv. Da samleren skal stå ved nærmeste nabo og udenfor virksomhedens område, kan den også udsættes for sabotage. En ulempe er også, at svævestøv ikke nødvendigvis vil blive opfanget i støvsamleren, og derved vil støvmængden ikke være repræsentativ. Da stenbrud i Norge knuser alt materiale til f.eks. vejmaterialer, produceres der store mængder svævestøv.

6.2.3 Fangplader

Udover måling af nedfaldsstøv i bulk samplere kan måling ske ved opsamling på fangplader (klæbefolie). Opsamling på klæbefolie er velegnet til at demonstrere påvirkningen af korttidspåvirkning af forventede aktiviteter, men kræver kendskab til vindretning og tørvejr i den ønskede måleperiode. Metoden er ikke velegnet til at dokumentere en månedsmiddelværdi. Klæbefolier er et bedre opsamlingsmedie, hvis mikroskopering skal foretages. Ulempen ved klæbefolier er, at deres opsamlings effektivitet nedsættes, når de udsættes for regnvand.

6.2.4 Vindretningsbestemte metoder

Jf. notat /15/ har FORCE Technology i samarbejde med Instrumatic A/S udviklet en sådan metode, kaldet METDUST. Metoden omfatter to bulk-samplere med et låg, som lever op til kravene i den norske standard /17/. Før målingen bestemmes den vindretning, som vil bringe støv fra den betragtede kilde, og låget programmeres til at lukke den ene spand, når vinden er i retning fra kilden og til at lukke den anden spand ved alle andre vindretninger. METDUST er forsynet med en lille meteorologistation, som giver data til styringen af låget.

Efter eksponering filtreres og vejes indholdet i begge bulk-samplere, og de fundne masser omregnes til g/døgn/m² for hhv. kilde- og baggrundsværdi.

FORCE Technology har oplyst, at omkostninger til vindretningsbestemte målinger med METDUST inkl. opstilling, måling i 3 måneder, opsyn, nedtagning, analyse og afrapportering beløber sig til i størrelsesorden 100.000 kr.

6.2.5 Generelt om opsamling i bulk-sampler

For begge metoder med opsamling i bulk-sampler gælder, at der bør foretages målinger i minimum tre måneder for at sikre repræsentative resultater, både med hensyn til vindretninger og -hastighed, nedbør og aktiviteter på virksomheden.

Der er gennem de seneste 20 år foretaget nogle få målinger af nedfaldsstøv omkring grusgrave i Danmark med den vindretningsbestemte metode. Således er der 150 meter fra en grusgravs knuser i to måneder målt ca. $0,5 \text{ g/m}^2/\text{døgn}$ /15/. 220 m fra knuserne (hvor der blev rapporteret støvgener) blev der målt op til $0,29 \text{ g/m}^2/\text{døgn}$. I begge tilfælde var de anbefalede grænseværdier for nedfaldsstøv på $0,133 \text{ g/m}^2/\text{døgn}$ derfor overskredet. Om grænseværdier, se kapitel 8. Målingerne er foretaget efter gentagne klager til det daværende Roskilde Amt om støvgener, og der var god overensstemmelse mellem resultater og klager. Der blev efterfølgende truffet foranstaltninger for bl.a. at dæmpe støvdannelse fra lastbilkørsel på til- og frakørselsvejene til grusgraven.

6.2.6 Usikkerheder på målemetoder

Det skal forventes, at der er usikkerheder på de anvendte målemetoder.

Det har ikke været muligt at finde oplysninger om måleusikkerheden ved måling af svævestøv

I Miljøstyrelsens baggrundsdokument grænseværdi /13/ er der opgivet måleusikkerhed ved bulk sampling på op til $\pm 30 \%$. Det har ikke været muligt at finde oplysninger om måleusikkerheden ved anvendelse af vindretningsbestemte opsamlingsmetoder.

6.2.7 Placering af målesteder

Placeringen af måleudstyret af afgørende betydning for resultatet. Jf. Jf. Miljøstyrelsens baggrundsdokument grænseværdi /13/ skal udstyr til støvfaldsmålinger placeres på en horisontal flade, hvorfra genophvirvling af støv ikke kan ske, selv under ekstreme forhold.

Af Jf. Miljøstyrelsens baggrundsdokument grænseværdi /13/ fremgår det, at genophvirvling af støv fra f.eks. vejbelægnings kan give anledning til forhøjet støvfald. Der er anbefalinger om, at afstanden fra nærmeste bygning i læside skal være mindst 5 gange bygningshøjden ved måling af partikler, hvis forhøjede resultater som følge af recirkulation skal undgås. Af samme grund anbefales størst mulig afstand fra veje, bygninger m.m.

Det fremgår endvidere, at afstanden til nærmeste objekt skal være mindst 5 meter, og vinklen mellem toppen af støvfaldsopsamleren og toppen af objektet må være højst 30° .

6.3 Eksempel på måling af støv ved råstofindvinding

I det følgende gennemgås et eksempel, hvor svævestøv (PM_{10}) omkring en grusgrav er blevet målt for at kortlægge belastningen for omkringboende naboer. Eksemplet er beskrevet i /15/:

"FORCE Technology har i 2011 foretaget målinger af PM₁₀ med TEOM nær en virksomhed, der vasker, knuser og sorterer stenmateriale. Målinger blev foretaget kontinuert over to måneder med samtidig måling af vindretninger. Målingerne blev foretaget ved en børnehave ca. 300 meter fra centrum af virksomhedens håndtering af sten, da der var særligt fokus på evt. sundhedsrisici for børnene i forhold til eksponering for PM₁₀.

Døgnmiddelværdien for PM₁₀ overskred ikke 50 µg/m³ i måleperioden, og gennemsnitsværdien for hele perioden var 14 µg/m³. Der var således ikke sket overskridelse af grænseværdien for årsmiddel på 40 µg/m³.

Der forekom ni dage med værdier på mere end 20 µg/m³, og på alle disse dage var der vind fra virksomheden mod målestationen i kortere eller længere perioder inden for arbejdstiden kl. 7-18. Det er således sandsynligt, at aktiviteterne på virksomheden havde en vis betydning for koncentrationen af PM₁₀, uden at koncentrationerne overskred grænseværdierne.

Virksomhedens håndtering af sten, sand og grus betød en potentiel risiko for forekomst af kvarts i støvet. Der er ikke fastsat grænseværdier i udeluft for kvarts, men i B-værdivejledningen ¹ findes en B-værdi for både amorft kvarts og alfa-kvarts (krystallinsk kvarts) på 5 µg/m³. B-værdien er en bidragskoncentration som timemiddelværdi, som en virksomhed ikke må overskride i mere end 1 % af tiden – 99 percentilen af bidragskoncentrationer må ikke overskride B-værdien. B-værdien kan af praktiske grunde ikke dokumenteres overholdt gennem målinger i omgivelserne, men kun gennem målinger af emissioner på virksomheden efterfulgt af en spredningsmeteorologisk beregning med f.eks. OML-programmet. Det var ikke muligt i det aktuelle tilfælde, men kunden ønskede et estimat.

Ved hjælp af analyse af silicium og nogle konservative antagelser om indholdet af silicium i kvarts estimerede FORCE Technology 99 percentilen for bidragskoncentrationer for kvarts i måleperioden til at være 2,9 µg/m³ og dermed mindre end 5 µg/m³. Denne lille undersøgelse sandsynliggør, at B-værdien for kvarts ikke er overskredet."

6.4 Sammenfatning

- Fastsættelse af vilkår for indretning og drift er på nuværende tidspunkt det mest omkostningseffektive for myndigheder og indvindre frem for måling og beregning.
- Hvis en støvgene eksempelvis optræder i en bestemt vindretning kan det være aktuelt at foretage målinger, hvis støvpåvirkningen skal kvantificeres.
- I forhold til støvmålinger konkluderes det, at den vindretningsbestemte metode er at foretrække frem for bulk samplere, da det kan reducere støvbidrag fra andre kilder og dermed medvirke til at reducere fortolkningsproblemer i forhold til, hvor støvet kommer fra. Alternativt opsættes flere bulk samplere omkring råstofgraven.

¹ Miljøstyrelsen, 2016: Vejledning om B-værdier. Vejledning nr. 20, 2016.

7 Støvberegninger

Støvberegninger kan anvendes enten til eftervisning af overholdelse af fastsatte grænseværdier eller som dokumentation for støvpåvirkningen i et fastsat punkt/ en retning fra kilden eller i området omkring virksomheden.

7.1 Regulering

Der skelnes mellem både reguleringsmæssigt og beregningsmæssigt mellem *punktkilder*, som emitterer stoffer, gasser og partikler igennem faste og veldefinerede afkast med veldefinerede forudsætninger og *diffuse udslip*, hvor emissionen af de samme stoffer ikke på samme måde kan udtrykkes ved veldefinerede forudsætninger. Den støvpåvirkning, som stammer fra råstofgrave kan såvel reguleringsmæssigt og beregningsmæssigt opfattes som diffuse udslip eller arealkilder.

Af en rapport fra Miljøstyrelsens Referencelaboratorium /8/ fremgår det, at indsatsen for at begrænse luftforureningen i Danmark igennem de seneste 30 år primært har været rettet mod punktkilderne. I praksis er der således i dag ikke en dansk vejledning, som omfatter området diffuse kilder og arealkilder. Dette gælder både regulering og monitorering. Der er en række initiativer, der er rettet mod måling. Disse er beskrevet i rapportens øvrige afsnit, herunder kapitel 5.

Det gælder således, overordnet set, af luftvejledningens afsnit 2.2, at:

"Emissioner i form af diffuse udslip, som f.eks. emissioner fra udendørs oplag er ikke omfattet af vejledningen. Disse emissioner skal i stedet reguleres ved krav til virksomhedernes drift og indretning."

Luftvejledningens reguleringsmæssige krav til præstationsprøvning og monitorering af luftemissioner gælder ikke for diffuse emission og arealkilder. Rapporten behandler, udover den generelle regulering i Danmark, også reference til EU-regler, herunder IPPC-direktivet.

I praksis betyder dette, at der i afgørelser sjældent stilles krav om beregning, men alene om at driften ikke må give anledning til væsentlige støvgener/ulempes for naboer.

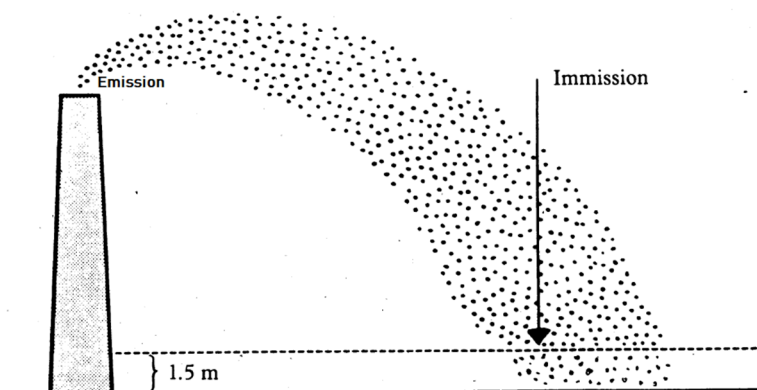
Det har ikke været muligt at finde beregninger af støvemissionen fra grus-, kalk og kridtgrave i Danmark. Der foreligger dog en række beregninger af støv fra andre virksomheder.

7.2 Beregningsmetoder

Der findes en række operationelle beregningsværktøjer, som alle er baseret på fysiske modeller.

Modellerne kan beregne spredningen af stoffer (immissionen) omkring virksomheden i en række punkter. Dette gøres på baggrund af input af veldefinerede stofemissioner (emissionen) og fysiske egenskaber for disse emissioner, oplysninger om omgivelser og terrænforhold samt meteorologiske forhold.

Resultatet af beregningerne kan sammenholdes med fastsatte grænseværdier eller anvendes til at fastslå størrelsen af en immission i en bestemt retning eller afstand fra kilden. Følgende figur viser sammenhængen mellem emissionen og immissionen, jf. Figur 7.1 fra luftvejledningen.



Figur 7.1: Emission og immission

Idet vejledningen i overvejende grad er rettet mod regulering af emissioner fra faste, punktformige afkast (skorstene) viser figuren en skorsten. For ikke punktformige kilder, som f.eks. råstofgrave, kan beregninger tilpasses. Beregningsmæssigt anvendes her ofte såkaldte arealkilder, som er kilder hvor emission kan antages at være jævnt fordelt over et rektangulært område.

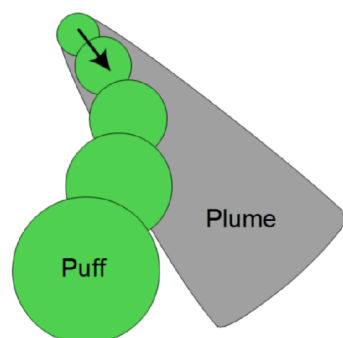
Modeller for spredning over større afstande eller ifht. gadeluft

Der findes en række langdistance- og mesoskalamodeller, som typisk anvendes til vurdering af global eller landespredning af NO_x eller SO_2 fra kraftværker over store afstande. Til disse hører den europæiske EMEP-model fra 1970'erne, DMU's nyere DEM, DREAM og DEHM-modeller. Disse modeller er ikke anvendelige til modellering af lokal spredning.

Derudover findes der lokalmodeller, herunder gadeluftmodeller og røgfanemodeller, som typisk modellerer indenfor en afstand af 10-50 km fra kilden. Til gadeluftmodellerne hører den amerikanske UAM-model, som benyttes rutinemæssigt til forudsigelse af fotokemisk smog. I Danmark anvendes f.eks. UBM og DMU's OSPM til bestemmelse af baggrundsforureningen i byområder samt, vha. GIS-værktøjer, eks. AirGIS gør det muligt at forudsige koncentrationer af bestemte kemiske forbindelser (ex. benzen, NO_x , CO og O_3). De komplicerede forhold omkring emission, nedbrydning og aflejring af kemiske komponenter på gadeniveau gør imidlertid, sammen med de høje krav til computerregnekapacitet, at de på nuværende tidspunkt ikke er velegnede til rutinemæssige beregninger af emissionsbidrag fra virksomheder eller arealkinder.

Modeller for lokal luftspedning

Ved vurdering af lokal spredning anvendes en række røgfanemodeller. Disse baseres enten på en røgfan (gaussisk plume) eller en puff (lagrangisk) model, som beregningsmæssigt adskiller sig lidt. Hvor en røgfanemodell vil beskrive røgfanens udbredelse ved en gaussisk fordeling (plume), vil en puff-model beskrive røgfanens udbredelse ved en serie af faner (puffs), som hver modelleres i forhold til en gaussisk udbredelse, men samlet udbrede sig efter en lagrangisk fordeling. Puffmodellerne kan være bedre til at håndtere skiftende meteorologi end røgfanemodeller, jf. nedenstående figur.



Figur 7.2: Grafisk repræsentation af hhv. gaussisk røgfanemodell (plume) og puff- model

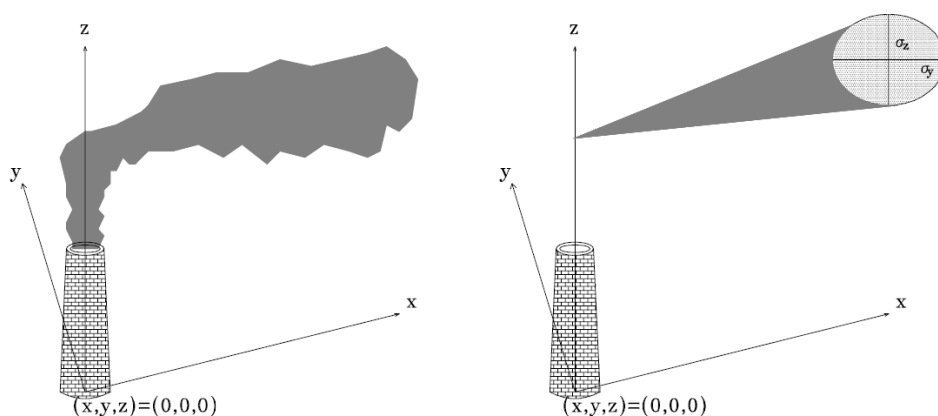
Til røgfanemodellerne hører f.eks. AERMOD som er udviklet af det amerikanske EPA, den engelske UK-ADMS model eller den danske OML (Operationelle Meteorologiske Luftkvalitetsmodeller), som oprindeligt blev udviklet af DMU. Til puff-modellerne hører f.eks. CALPUFF, som er udviklet af den amerikanske EPA.

De forskellige metoder har alle fordele og ulemper, f.eks. håndtering af terræneffekter og effekter af vandområder. F.eks. anvendes i Norge ofte enten AERMOD- og CALPUFF-modellerne, da disse ofte vurderes bedre til at håndtere de norske forhold end den danske OML-model.

OML modellen

Idet OML modellen i Danmark er langt den mest udbredte model ved vurdering af emissioner fra virksomheder, herunder potentielt også fra råstofgrave, er der i notatet fokuseret på denne model.

I Danmark anvendes til monitorering og regulering helt overvejende OML røgfanemodellen. Til beregningerne til bestemmelse af spredningen (koefficienterne) bruges kildedata, typisk midlet over en til to timer. Ved beregningen får røgfanen et tragtformet forløb med et elliptisk tværsnitsareal, jf. Figur 7.3.



Figur 7.3: Grafisk fremstilling af virkelig røgfaner (til venstre) og gaussisk modelleret røgfaner (til højre).

Anvendelse af de midlede data og beregningsmetoden betyder, at modellen ikke kan bruges til at forudsige korttidsgener i forbindelse med udslip, men alene mere permanente eller længerevarende gener. Beregningerne baseres på lokale meteorologiske tidsserier.

OML modellen (eller andre røgfanemodeller) kan heller ikke håndtere tunge partikler (nedfaldstøv), jf. afsnit X, som typisk ikke spredes men aflejres ret tæt på kilden.

Anvendelsen er således helt overvejende rettet mod beregning af udbredelsen af svævestøv.

Som nævnt ovenfor kan OML modellen regne på spredning fra arealkilder.

7.3 Usikkerheder

Alle modeller har en modelusikkerhed, som kan udtrykkes ved en afvigelse i forhold til eksperimentalt bestemte resultater. De bedste modeller (AERMOD mv.) har en usikkerhed på 30 % (for tunggas) eller større. For OML-modellen, der anvendes i Danmark, regnes med en typisk usikkerhed på en faktor 2. Uanset model betyder dette, at de resultater modellerne giver, har en forholdsvis stor grad af usikkerhed.

Parameterusikkerheden kan, hvor bestemmelse af disse kan ske nøjagtigt, være lav. Omvendt vil usikkerheden for parametre der ikke umiddelbart lader sig bestemme, f.eks. diffuse emissioner med ukendt eller meget varierende partikelsammensætning, medføre betydelige usikkerheder. Når der anvendes en røgfanemodel vil modelleringen af kildens vandrette udtrækning og tidsvariation (arealkilde) og lodrette udbredelse (punktkilde) have stor indvirkning på beregningsresultaterne.

En anden parameterusikkerhed er vindhastigheden. Ved OML-metoden anvendes typisk en vindserie fra Kastrup eller Aalborg. Lokale vindhastigheder kan afvige betydeligt fra disse målestationens værdier, især for kystnære anlægsplaceringer. I disse situationer, eller i situationer med kraftige terrænprofiler kan der evt. opnås bedre beregningsresultater ved anvendelse af f.eks. AERMOD modellen. Dette er bl.a. en medvirkende årsag til, at denne model hyppigere anvendes i f.eks. Norge.

Hvis formålet med beregningen er at bestemme retningsudbredelsen, kan anvendelse af vinddata fra målestationen ved Aalborg normalt anvendes.

7.4 Depositionsberegning

Flere af de nævnte modeller, herunder også den danske OML-model, muliggør at der foretages beregninger af depositionen i områder. Deposition sker ved både tør- og våddeposition, hvor tørdeposition af partikler, afhængigt af partikelstørrelse og omgivelserne kan foregå over store afstand. Depositionens hastighed øges på ujævne overflader i omgivelserne, idet luften bliver turbulent. Partikler i luften påvirkes endvidere af nedbør, som får partikler til at danne dråber, hvorved depositionshastigheden øges (våddeposition eller udvaskning). Våddepositionen afhænger bl.a. af nedbøren i området.

Ved depositionsberegninger kan den årlige tilførte stofmængde i f.eks. kg/ha bestemmes.

7.5 Andre anvendelser af spredningsmodeller

Miljøstyrelsens Referencelaboratorium beskriver i rapport over diffuse emissioner og arealkilder /18/ den tyske standard VDI 4285/1. Ved VDI 4285/1 foretages en indirekte bestemmelse af emissionen ved hjælp af den såkaldte "baglæns" spredningsberegning (reverse dispersion modelling).

Ved "baglæns" spredningsberegning udfører man en række målinger i punkter beliggende nedstrøms i forhold til vindretningen. Disse målinger korreleres med meteorologiske data og data for emissions tidsmæssige variation. Desuden inddrages kendskab til topografi og bygningsforhold. Disse data kan (vha. en røgfanemodell) benyttes til at beregne den samlede emission fra et givent areal.

Da der kræves kontinuerte målinger samtidigt i flere punkter, eller måling med remote sensing teknikker i skel (fjernmålinger f.eks. fra fly eller satellit), vurderes den baglæns spredningsberegning at være ganske omkostningskrævende.

I lighed med ovennævnte spredningsmodeller egner metoden sig dog ikke til bestemmelse af nedfald af tungt støv, idet de tunge partikler der sedimenteres tæt på oprindelsen ikke lader sig modelleres med de sædvanligt kendte spredningsmodeller.

7.6 Sammenfatning

- Der foreligger kun lidt information om beregning af diffust støv og intet fra råstofgrave. Der mangler viden om modellering af diffuse udslip generelt og konkret om støv fra råstofgrave.
- De metoder der findes, uanset modeltype er helt overvejende rettet mod svævestøv og således ikke umiddelbart velegnet til modellering af tungere støv og nedfaldsstøv.
- Der er på nuværende tidspunkt ikke konsensus i Danmark omkring beregninger.
- Beregninger kan udføres med de kendte modeller, i Danmark OML, men de giver meget usikre resultater.
- Det næppe vil være muligt med tilstrækkelig sikkerhed at bestemme retningsudbredelse uden sammenhørende målinger.

8 Grænseværdier for støv

I dette kapitel gennemgås grænseværdier for støv i Danmark og en række andre lande.

Som beskrevet i kapitel 3.1 og jf. /8/ skelnes der ved fastsættelse af grænseværdier for støv mellem:

- Svævestøv, respirabelt støv
- Nedfaldsstøv

8.1 Svævestøv, respirabelt støv

Som beskrevet i kapitel 3.1 skelner man ved vurdering af luftkvalitet mellem PM₁₀ (partikler med en aerodynamisk diameter mindre end 10 µm) og PM_{2,5} (partikler med en aerodynamisk diameter end 2,5 µm). Der er desuden i de senere år kommet stadigt mere fokus på ultrafine partikler. Der findes grænseværdier for PM₁₀ og PM_{2,5} i udeluften, men der er endnu ikke fastsat grænseværdier for ultrafine partikler.

Gældende EU-grænseværdier for partikler i udeluft er vist i Figur 8.1. Disse grænseværdier gælder for udeluft generelt og derfor også for f.eks. områder beliggende nær støvende oplag. Grænseværdierne fremgår af luftkvalitetsbekendtgørelsen /5/, der har implementeret EU Direktivet 2008/50/EF om luftkvalitet og renere luft i Europa /6/.

Partikelfraktion	Grænseværdi	Midlingstid	Antal tilladte overskridelser pr. år	Bemærkning
Partikler (PM ₁₀)	50 µg/m ³	1 døgn	35	Må ikke overskrides mere end 35 gange pr. kalenderår.
	40 µg/m ³	1 år	-	-
Partikler (PM _{2,5})	25 µg/m ³	1 år	-	-
	20 µg/m ³	1 år	-	Forventet grænseværdi, der vil være gældende pr. 1. januar 2020.

Figur 8.1: Gældende EU-grænseværdier for partikler i udeluft. Fra /5/

I Sverige gælder der, jf. /19/, følgende grænse- og målværdier for svævestøv, se Figur 8.2.

Partikel-fraktion	Midlingstid	WHO ¹⁾	Miljømål ²⁾	EU Grænseværdi (GV) Målværdi (MV)	Miljøkvalitets-norm Grænseværdi (GV) Målværdi (MV)
Partikler (PM ₁₀)	Døgn	50 µg/m ³	30 µg/m ³ Må overskrides 35 gange/år	50 µg/m ³ (GV) Må overskrides 35 gange/år	50 µg/m ³ (GV) Må overskrides 35 gange/år
	År	20 µg/m ³	15 µg/m ³	40 µg/m ³ (GV)	40 µg/m ³ (GV)
Partikler (PM _{2,5})	Døgn	25 µg/m ³	25 µg/m ³	-	-
	År	10 µg/m ³	10 µg/m ³	25 µg/m ³ (MV) 25 µg/m ³ (GV)	25 µg/m ³ (MV) 25 µg/m ³ (GV)

Figur 8.2: Svenske grænse- og målværdier for partikler i udeluft. 1) WHO Air Quality Guidelines Global Update 2005. 2) PM₁₀: Naturvårdsverket rapport 4995, 1999, Institutet för miljömedicin (IMM), Karolinska Institutet, Review of evidence on health aspects of air pollution-REVIHAAP project, WHO Europe, 2013. PM_{2,5}: WHO Air Quality Guidelines Global Update 2005.

8.2 Nedfaldsstøv

Der eksisterer ikke i Danmark en grænseværdi for nedfaldsstøv. Nedfaldsstøv er det støv, der sedimenterer på overfalden. I 2002 iværksatte Miljøstyrelsen et projekt med det overordnede formål at foreslå en grænseværdi for nedfald af støv omkring støvende oplag: "Baggrundsdokument for fastsættelse af grænseværdi for nedfald af støv og regulering af støvemissioner fra diffuse kilder" /7/. I dette projekt er der foreslået en grænseværdi for den enkelte virksomhed på 0,133 g/m²/døgn ud over det naturlige baggrundsniveau, der måtte være i det givne område.

Grænseværdien er foreslået på grundlag af en vurdering af indsamlede erfaringer med støvfaldet i baggrundsområder, på baggrund af danske erfaringer med forekomsten af gener omkring støvende oplag, og ud fra en gennemgang af udenlandske grænseværdier på området.

I rapporten vurderes det generelt ud fra målinger, at støvnedfaldet i danske baggrundsområder (det vil sige uden for centrale byområder), for uopløseligt støv er ca. 0,02 g/m²/døgn eller derunder. Der er her tale om gennemsnitsmålinger over en måned.

Der findes udenlandske grænseværdier for støvfald i en lang række lande. I de fleste lande baseres grænseværdien på nedfald af uopløseligt støv. Grænseværdierne i disse lande varierer som årsmiddelværdier mellem 0,10 g/m²/døgn op til 0,33 g/m²/døgn. I Tyskland, Østrig og Schweiz gælder grænseværdierne for summen af uopløseligt og opløseligt støvnedfald.

Med få undtagelser er grænseværdierne gældende for det samlede nedfald af støv, det vil sige, at der ikke korrigeres for baggrundsbidraget. I New Zealand har man dog anbefalet en grænseværdi på 0,133 g/m²/døgn, der gælder som maksimal bidrag fra kilden og dermed gældende som en maksimal forøgelse af baggrundsniveauet over en måned.

For Norge gælder, jf. kapitel 30 i "forurensningsforskriften" /20/:

" Utslipp av steinstøv/støv/partikler fra totalaktiviteter fra virksomheten skal ikke medføre at mengde nedfallsstøv overstiger 5 g/m² i løpet av 30 dager. Dette gjelder mineralisk andel målt ved nærmeste nabo, eller annen nabo som eventuelt blir mer utsatt."

Omregnet til en døgnmiddelværdi giver dette 0,167 g/m²/døgn. Kommuner kan i detaljeregulering for enkelte virksomheder skærpe kravene og sætte grænseværdien for støvnedfald til 3 g/m². NILU (Norsk institutt for Luftforskning) har opsat kriterier som vurderingsgrundlag for totalt støvnedfald, se Figur 8.3.

Totalt støvnedfald (mg/m ² pr. 30 dage)	Vurdering
Under 5	Lavt
5-10	Moderat
10-15	Høj
Over 15	Meget højt

Figur 8.3: Vurderingsgrundlag for totalt støvnedfald i Norge. Kilde: NILU.

I Miljøstyrelsens baggrundsdokument for fastsættelse af grænseværdi /13/ konkluderes det, at den New Zealandske grænseværdi for uopløseligt støvnedfald på 0,133 g/m²/døgn kan anvendes under danske forhold. Denne værdi er en maksimal bidragsværdi, det vil sige, at der kan accepteres et bidrag fra den enkelte virksomhed på 0,133 g/m²/døgn ud over det naturlige baggrundsniveau, der måtte være i det givne område. De newzealandske grænseværdier er vurderet at svare godt til det, der ud fra litteraturen og ud fra danske erfaringer må forventes at være en repræsentativ "genetærskel" for, hvornår der opleves gener på grund af ophobning af synligt støv på overflader.

Grænseværdien på 0,133 g/m²/døgn blev foreslået at gælde som en månedsværdi, og det foreslås, at grænseværdien kontrolleres ved en vindretningsbestemt måling. Som kontrolperiode foreslås mindst tre måneder, og der foreslås foretaget målinger over en måned ad gangen. Som ovenfor nævnt er forslaget til grænseværdi at betragte som en bidragsværdi udover det forekommende baggrundsniveau det pågældende sted.

8.3 Sammenfatning

- I Danmark er der gældende grænseværdier for støv i udeluften (svævestøv) for partikelstørrelserne PM₁₀ og PM_{2,5}. Disse grænseværdier gælder for udeluft generelt og derfor også for eksempelvis områder beliggende nær støvende oplag.
- Der findes tilsvarende svenske grænse- og målværdier for svævestøv.
- I Norge er der en grænseværdi for mængden af nedfaldsstøv. Denne er 5 g/m² i løbet af 30 dage. Omregnet til en døgnmiddelværdi giver dette 0,167 g/m²/døgn.
- Der eksisterer ikke i Danmark en grænseværdi for nedfaldsstøv. Der blev i 2002 udført et projekt med det formål at foreslå en grænseværdi for nedfald af støv omkring støvende oplag. Forslag til grænseværdi for nedfaldsstøv var 0,133 g/m²/døgn. Denne grænseværdi er en maksimal bidragsværdi, dvs. at der kan accepteres et maksimalt bidrag fra den enkelte virksomhed på 0,133 g/m²/døgn ud over det naturlige baggrundsniveau.

9 Støvbekæmpelse - afværgeforanstaltninger

Her gennemgås metoder og udstyr til at undgå støv, herunder stoffer der kan binde støv. Effekten af de valgte løsninger vil være anlægs- og processpecifik, og afhænger af råstofgravens fysiske forhold m.m.

9.1 Afværgeforanstaltninger

I følge Miljøstyrelsens Referencelaboratoriums "Idékatalog til brug ved regulering og kontrol af diffuse emissioner af støv" /8/ kan støvende materialer inddeles i fem klasser, baseret på materialets tilbøjelighed til støvflugt og evnen til befugtning:

- S1. Stor tilbøjelighed til støvflugt – ikke muligt at befugte.
- S2. Stor tilbøjelighed til støvflugt – kan befugtes.
- S3. Moderat tilbøjelighed til støvflugt – ikke muligt at befugte.
- S4. Moderat tilbøjelighed til støvflugt – kan befugtes.
- S5. Ingen eller kun ringe tilbøjelighed til støvflugt.

Med udgangspunkt i de fem ovenstående kategorier bør diffus støvemission forebygges mest muligt gennem primære og sekundære tiltag.

Primære tiltag omfatter alle de metoder, der kan reducere støvafgivelsen fra oplag, håndtering og transport. Disse inddeles i:

- **Organisatoriske tiltag**, herunder organisering og planlægning. Organisering og planlægning er vigtig for en god drift og vedligehold af aktiviteterne. Det kan bl.a. omfatte målinger på særligt støvende aktiviteter og hensyntagen til vindretninger og -hastigheder.
- **Konstruktionsmæssige tiltag**. Her forstås f.eks. overdækninger, opbevaring i lukkede beholdere, gode kørearealer og afskærmninger i form af f.eks. beplantninger eller volde.
- **Tekniske tiltag**, der omfatter valg af teknikker, som reducerer støvemissioner. Det kan f.eks. være afskærmning af særligt støvende aktiviteter (knusning, transportbånd) eller befugtning som kan fastholde støv på overflader.

Sekundære tiltag omfatter metoder, der reducerer allerede ophvirvlet støv. Sekundære teknikker bør kun benyttes, hvis det ikke er muligt eller tilstrækkeligt at bruge primære teknikker, der kan reducere støvafgivelsen. Sprayvanding er en mulighed til dæmpning af støvskyer, som ikke kan undgås ved en af de ovenstående primære teknikker. Sprayvanding betragtes som en sekundær teknik. Ventilation og filtrering af luften fra afskærmede processer betragtes også som en sekundær teknik.

Jf. FORCES notat /15/ er følgende tiltag relevante for aktiviteter ved råstofindvinding (primært grusgravning).

Genophvirvling fra befæstede arealer:

- Vask af køretøjers dæk, så støv og mudder ikke trækkes ud på tilkørselsveje
- Jævnlig rengøring ved fejning, spuling eller "støvsugning".
- Hastighedsbegrænsning for køretøjer
- Vindskærme

Genophvirvling fra ubefæstede arealer:

- Samme som for befæstede arealer
- Beplantning (græs)
- Vanding i tørre perioder, evt. med kemisk støvbinding

Køretøjer:

- Vask af køretøjers dæk og undervogn, så støv og mudder ikke trækkes ud på tilkørselsveje
- Hastighedsbegrænsning for køretøjer
- Undgå overfyldning af lastbiler
- Brug presenninger

Oplag i bunker:

- Vanding i tørre perioder, evt. med kemisk støvbinding
- Minimering af faldhøjde fra transportører til bunkerne
- Udformning af bunkerne – flade bunker giver mindre turbulens
- Placering af bunkerne i forhold til fremherskende vindretning
- Overdækning
- Vindskærme i form af f.eks. beplantning

Transportører:

- Befugtning af materiale for transport på f.eks. transportbånd
- Minimering af faldhøjde
- Afskærmning omkring transportøren
- Fuldstændig indkapsling

Håndtering generelt:

- Brug lukkede grabbe
- Minimer faldhøjder
- Undgå overfyldning af grabbe
- Indret arbejdsprocesserne efter den aktuelle vindretning, så støvet blæser væk fra de nærmeste naboer
- Afskærmning af f.eks. knusere og sigter
- Punktudsugning fra de mest støvende, faste processer med filter på udsugningsluften

Vindskærme, jordvolde og beplantning med læhegn kan udføres på mange måder, og landskabets topografi kan evt. udnyttes.

I Miljøstyrelsens Referencelaboratoriums "Idékatalog til brug ved regulering og kontrol af diffuse emissioner af støv" /8/ er der givet en række anbefalinger til regulering af udendørs oplag og håndtering af de mest almindeligt forekommende materialer. Anbefalinger herfra er gengivet i bilag 2. Det anbefales her supplerende, at krav til regulering af driften i forhold til vindhastighed også tager hensyn til vindretningen i forhold til eventuelle naboer og gener for dem.

9.2 Støvbindere

Der findes forskellige midler på markedet som kan binde støv i grus- kalk- og kridtgrave, hvoraf almindeligt drikkevand er det traditionelle og oftest brugte. Nedenstående liste er en oversigt, der bl.a. er udarbejdet ved bidrag fra med firmaet AKS2tal:

9.2.1 Vand

Ferskvand/drikkevand er i dag det mest anvendte middel til støvbinding. Fordelen ved ferskvand er, at der ingen miljømæssige gener og forureningsrisici er. Ulempen er, at vand:

- Fordamper hurtigt
- Kræver energi at pumpe op
- Kræver tid og ressourcer, hvis det skal påføres med vandtankvogn
- Kræver ressourcer, hvis det er ledningsført vand og ikke vand fra råstofsøer
- Kan give problemer med knusernes sigte
- Kan give mudret arbejdsplads

9.2.2 Salte

Saltvand som almindelig havsalt/opløst spisesalt (CaCl) og vand med 77 % MgCl bruges i et vist omfang i Norge og Sverige til at støvreducere veje samt sikre en fast overflade. Fordelen ved saltvand er, at det støvreducerer. Ulempen er, at saltvand:

- Skal påføres med vandtankvogn
- Der kræves ofte efterbehandlinger
- Har en vis omkostning
- Kan forurene jord, overfladevand, planter og grundvand.
- Forårsager rust på biler og materiel

9.2.3 Lignin

Lignin er et harpiksprodukt, der er udvundet af træ og andet biomateriale. Det bruges specielt i Skandinavien til grusveje.

Fordelen ved lignin er at:

- Det er biologisk nedbrydeligt
- Der er ingen miljømæssige gener og forureningsrisici
- Det giver faste køreveje.

Ulempen ved lignin:

- Er krævende at påføre og kræver tungt entreprenørmateriel
- Der kræves årlige efterbehandlinger
- Har en vis omkostning
- Kan bedst bruges til grusveje, og ikke til f.eks. materialestakke der bliver forurenede

9.2.4 Bionedbrydelig støvbinder

Støvbinderen har ifølge leverandøren følgende egenskaber:

- Er 100 % biologisk nedbrydelig og ikke mærkningspligtig.
- Indeholde ikke klorid
- Er 100 % vandopløselig.

Yderligere oplysninger kendes ikke om produktet, så fordele og ulemper er ikke gennemgået. Princippet er, at hver enkelt partikel coates, så det ikke kan støve. Det kan forventes, at råstof- og miljømyndighederne vil kræve dokumentation for, at støvbinderproduktet ikke påvirker natur og miljø, f.eks. kan være årsag til jord- og grundvandsforurening.

9.3 Sammenfatning

- Ferskvand er i dag det mest anvendte middel til støvbinding. Fordelen ved ferskvand er, at der ingen miljømæssige gener og forureningsrisici er.
- Saltvand bruges i et vist omfang i Norge og Sverige. Ulempen ved saltvand er, at det kan forurene jord, overfladevand, grundvand og planter.
- Lignin er et harpiksprodukt, der er udvundet af træ og andet biomateriale. Det bruges specielt i Skandinavien til grusveje. Fordelen ved lignin er, at der ingen miljømæssige gener og forureningsrisici er. Ulempen er, at det er krævende at påføre og ikke kan bruges på materialestakke
- Bionedbrydelig støvbinder er ifølge leverandøren 100 % biologisk nedbrydelig og ikke mærkningspligtig, indeholde ikke klorid og er 100 % vandopløselig.

Af disse produkter er ferskvand uproblematisk at anvende og det der altovervejende bruges i dag. Saltvand kan ikke anbefales til danske forhold, med mindre miljøet i og omkring råstofgraven i forvejen er påvirket af saltvand fra havet. Lignin kan eventuelt anvendes på køreveje, men der anbefales dog yderligere undersøgelser af produktet i forhold til miljøgener. Bionedbrydelig støvbinder anvendes i enkelte danske grusgrave. Der kan være behov for dokumentation i forhold til miljøgener.

10 Administration af støvgener

Ved myndighedernes tilsyn og administration af grusgrave og kalk-/kridtgrave er spørgsmålet, om der skal ske kontrol af driftsparametre og/eller monitoring.

10.1 Kontrol af driftsparametre

Støvgener vurderes i mange tilfælde at kunne undgås ved, at tilsynsmyndigheder i samarbejde med virksomhederne opstiller effektive driftsvilkår, og ved at der aftales en effektiv driftskontrol.

Driftsvilkår skal være tilpasset den enkelte virksomhed og de aktiviteter, der kan medføre diffus støvemission. Da et utal af forskellige aktiviteter og processer kan forårsage diffus støvemission, er det ikke muligt at opstille et sæt standard driftsvilkår, som kan anvendes alle steder.

Relevante vilkår om diffust støv kan spænde fra et simpelt krav om jævnlig vanding af ubefæstede arealer, sådan som det i dag gøres i råstoftilladelser, til krav om indkapsling, støvreduktion ved vanding, anvendelse af støvbindere, vindskærme, hastighedsgrænser for kørsel mm.

Krav til reduktion af diffus støvemission kan inddeles i fire grupper:

1. Krav til udstyr og maskiner om fysiske forbedringer, f.eks. indkapsling, vindskærme, vanddyser.
2. Krav til udførelse af arbejdet, f.eks. vanding og anvendelse af støvbindere, rengøring og vedligeholdelse af udstyr, hastighedsbegrænsning m.m.
3. Krav om instruktion af medarbejdere.
4. Kontrolvilkår.

Kontrol af driftsvilkår foretages ofte ved, at virksomheden skal føre en driftsjournal, hvor alle væsentlige tiltag i forhold til at reducere eller undgå diffust støv indføres. Driftsvilkåret anses for overholdt, når driftsjournalen har været ført korrekt og betingelserne i vilkårene i øvrigt er overholdt.

Grundlæggende bør alle vilkår om reduktion af diffust støv udarbejdes i tæt samarbejde med virksomheden, som både kender anlæggene og arbejdsrutinerne, og normalt også de væsentligste støvkilder. De krævede tiltag og ændringer i arbejdsrutiner kan erfaringsmæssigt bedst gennemføres i en dialog mellem tilsynsmyndigheden og virksomheden.

I mange råstoftilladelser samt i Miljøstyrelsens baggrundsdokument for fastsættelse af grænseværdi /7/ bilag C, er eksempel på vilkår for indretning, drift og egenkontrol for en grusgrav:

"Tippelommer, fødere, knusere og sigter skal om nødvendigt forsynes med effektive befugtningsanordninger og indkapsles, hvor det er muligt.

Interne transportører, støvende materialelagre samt aflæsningspladser skal efter behov oversprøjtes med vand.

Båndtransportørernes returløb skal være forsynede med effektive båndrensingsforanstaltninger."

10.2 Monitering

Monitering med henblik på reduktion af støvbelastningen omkring støvende oplag kan udføres på flere måder:

- Måling af vindhastighed og vindretning
- Monitering af støvbelastningen i området ved:
 - Visuel inspektion i situationer med særlig risiko for støvdannelse
 - Direkte måling af støvbelastningen

10.2.1 Måling af vindhastighed og vindretning

Ved at holde øje med vindforholdene kan man ved høje vindhastigheder og særligt udsatte vindretninger suspendere visse aktiviteter eller iværksætte andre støvreducerende foranstaltninger og dermed forhindre eller reducere.

I Holland suspenderes aktiviteter, der involverer transport af støvende materiale, hvis vindhastigheden overstiger en given størrelse. Denne hastighed er afhængig af hvilket produkt, der er tale om.

Vindmåling benyttes på visse industrianlæg i Danmark til at styre aktiviteterne på udendørs områder med oplag af støvende materiale. Eksempler herpå er træspåner, kulbunker og bunker af slagge, hvor der på visse anlæg er særskilte krav til, hvordan forskellige typer oplag skal håndteres ved forskellige vindhastigheder.

10.2.2 Monitering af støvbelastningen i området

Monitering af støv kan udføres i form af visuel inspektion eller ved direkte måling af støvbelastningen i området:

- Visuel inspektion udføres som et led i håndteringen af særligt støvende materiale. Eksempelvis ved visuel inspektion af kul, der losses fra skibe. I tilfælde, hvor særligt støvende kultyper håndteres ved losning, kan der placeres miljøvagter i omgivelserne, der omgående skal rapportere, hvis der observeres nedfald af støv i omgivelserne. Hermed kan aktiviteten suspenderes. Visuel inspektion er en simpel metode, som vil være enkel at indføre, så længe disponible ressourcer er til rådighed. Ved længerevarende perioder med kritiske vindforhold vil metoden dog være relativt omkostningskrævende.
- Direkte måling af støvbelastningen. For yderligere beskrivelse, se afsnit 6.

Som eksempel på en nyere afgørelse har Horsens Kommune den 22. marts 2017 givet miljøgodkendelse til en foderstofproducerende virksomhed, Hornsyld Købmandsgaard A/S, hvori der er stillet vilkår omkring støvnedfald:

"Støvnedfald

20. Nedfald af støv fra Hornsyld Købmandsgaard på havnetrekanten må ikke overstige $0,133 \text{ g/m}^2/\text{døgn}$ uopløseligt støv regnet som månedsmiddelværdi.

21. Virksomheden skal efter anmodning fra tilsynsmyndigheden, dog højst 1 gang om året, over 3 en-måneders perioder, lade et af tilsynsmyndigheden anerkendt specialistfirma udføre vindretningsbestemt støvfaldsmåling (Metdust-måler) til bestemmelse af virksomhedens bidrag til nedfald af støv i omgivelserne. Resultaterne skal sendes til tilsynsmyndigheden senest 1 måned efter at målingerne er udført."

I Norge gælder det for alle grusgrave og stenbrud, at man skal følge forurensningsforskriften /20/, § 30-9 om måling og beregning af udslip:

"Virksomheter med mindre enn 500 m til nærmeste nabo skal gjennomføre støvnedfallsmålinger målt i 30-dagers intervaller. Måleperioden skal være minst et år og skal ikke avsluttes før målingene dokumenterer at kravene i § 30-5 overholdes.

Stasjonære virksomheter skal gjennomføre målingene innen 1 år etter at dette kapittelet trer i kraft og midlertidige/mobile innen 8 uker.

Fylkesmannen kan bestemme at også virksomheter med mer enn 500 m til nærmeste nabo skal foreta støvnedfallsmålinger. Nedfallsmålingene skal planlegges og utføres av uavhengig konsulent."

Desuden er der ifølge forurensningsforskriften generelle bestemmelser:

"Målingene skal være representative for normal drift. Prøvetaking og analyse skal utføres etter Norsk Standard (NS) der slik standard finnes. Annen metode kan brukes også der NS finnes dersom det kan dokumenteres at den metoden som brukes gir minst samme nøyaktighet som NS. Prøvetaking og måling skal være kvalitetssikret.

Virksomheten skal innen 1 år fra dette kapittelet trer i kraft iverksette et måleprogram for kontrollmåling av støvnedfall og utslipp til vann og støv som skal inngå i virksomhetens dokumenterte internkontroll. Formålet med målingene er å dokumentere at gitte krav overholdes."

Et eksempel på en tekst fra en råstofftilladelse fra Fylkesmannen i Norge er ("Nm³" er "normalkubikmeter"):

"Utslipp av støv

Tabell 1: Grenseverdier for utslipp av komponenter med krav om målinger jf. punkt 11.2

Utslippsgrenser			
Kilde	Komponent	Konsentrasjonsgrense	Midlingstid
Hele anleggsområdet	Støvnedfall*	5 g/m ²	30 dager
Mølleanlegg	Støv**	10 mg/Nm ³	12 timers middelverdi

* Utslipp av steinstøv/støv/partikler fra totalaktiviteter fra virksomheten. Dette gjelder mineralsk andel målt ved nærmeste nabo, eller annen nabo som eventuelt blir mer utsatt.

**** Utslipp fra mølleanlegget i utslippspunktet (pipe)**

Måling av støvnedfall

[firmaet] skal gjennomføre støvnedfallsmålinger målt i 30-dagers intervaller. Måleperioden skal vare minst ett år og skal ikke avsluttes før målingene dokumenterer at grenseverdi på 5 g/m² overholdes.

Måling av støv

Bedriften skal hvert år foreta tre støvmålinger gjennom en sekstimers periode. Snittet av disse tre målingene gjelder som tolvtimers middelværdi inklusive driftsvariasjoner.

Støvdempende tiltak

[firmaet] skal gjennomføre effektive tiltak for å redusere støvutslipp fra all støvende aktivitet slik som mølledrift, transport og lagring. Prosessutstyr skal være innebygget med en varig tett konstruksjon med avsug og effektiv støvfiltrering.

Diffuse utslipp

Diffuse utslipp fra produksjonsprosesser og fra utearealer, for eksempel lagerområder eller områder for lossing/lasting, som kan medføre skade eller ulempe for miljøet, skal begrenses mest mulig. "

10.3 Sammenfatning

- Administration af støvgener kan ske ved enten kontrol af stillede vilkår for udførelse af driften og/eller ved monitoring.
- Driftsvilkår kan udarbejdes i tæt samarbejde mellem virksomhed og myndighed og tilpasses den enkelte virksomhed og de aktiviteter, der kan medføre diffus støvemission.
- Kontrol af drifts- og indretningsvilkår kan ske gennem aktivt tilsyn og ved, at virksomheden fører en driftsjournal.
- Monitoring af støvbelastning i et givet område kan udføres enten ved visuel inspektion eller ved egentlig måling af støvbelastningen i området.

11 Konklusion og anbefalinger

Region Sjælland, Region Midt og Region Nordjylland har anmodet NIRAS om at udføre et udviklingsprojekt vedrørende støv fra råstofgrave. Hovedformålet med projektet var at sammenfatte eksisterende viden om måle- og beregningsmetoder m.v. og så vidt muligt komme med anbefalinger vedrørende de mest hensigtsmæssige og omkostningseffektive værktøjer til måling og håndtering af støvgener fra råstofgrave.

Forskellige måle- og beregningsmetoder til bestemmelse af støvpåvirkninger i omgivelserne er undersøgt og erfaringer er indhentet blandt andet fra Norge, ligesom praktisk reguleringspraksis er inddraget.

Sammenfattende kan det konkluderes, at der fortsat er udfordringer med entydigt at fastsætte og håndhæve vilkår til regulering af støvgener fra råstofgrave, selv om branchen har været omfattet af miljølovgivningen i mange år. Det skyldes blandt andet de generelle udfordringer med at måle og beregne på diffuse kilder, som også gælder for støvgener fra råstofgrave.

Hertil kommer at risikoen for støvgenepåvirkning, målebetingelser mm. ikke er ens for de forskellige råstofgrave men afhænger af den enkelte råstofgravs aktuelle placering i forhold til de nære omgivelser, herunder afstande og retninger i forhold til naboer, fremherskende vindretninger og vindpåvirkning, aktiviteter og aktivitetsniveau, indretning af råstofgraven, højde på gravefronter m.v.

Med udgangspunkt i opgavebeskrivelsen har NIRAS følgende konklusioner og anbefalinger til det videre arbejde:

Vilkår for indretning og drift er på nuværende tidspunkt det mest omkostningseffektive for myndigheder og råstofvindere frem for måling, beregninger og efterlevelse af grænseværdier.

Hvis en støvgene eksempelvis optræder i en bestemt vindretning kan det være aktuelt at foretage målinger, hvis myndigheden konkret vurderer, at støvpåvirkningen skal kvantificeres. Med hensyn til støvmålinger konkluderes det, at den vindretningsbestemte metode er at foretrække frem for bulk samplere, da det kan reducere støvbidrag fra andre kilder og dermed kan medvirke til at reducere fortolkningsproblemer i forhold til hvor støvet kommer fra. Alternativt opsættes flere bulk samplere omkring anlægget.

For begge metoder med opsamling i bulk-samplere (både vindretnings- og ikke-vindretningsbestemt opsamling) gælder, at der bør foretages målinger i mindst tre måneder for at sikre repræsentative resultater, både med hensyn til vindretninger og -hastighed, nedbør og aktiviteter på virksomheden.

Der foreligger kun lidt information om beregning af diffust støv og intet fra råstofgrave. Der mangler viden om modellering af diffuse udslip generelt og konkret om støv fra råstofgrave.

Der er på nuværende tidspunkt ikke konsensus i Danmark omkring beregninger. Beregninger kan udføres med de kendte modeller, i Danmark OML, men de giver meget usikre resultater.

Det vil næppe være muligt med tilstrækkelig sikkerhed at bestemme retningsudbredelse uden at der foretages sammenhørende målinger.

I Danmark er der gældende grænseværdier for støv i udeluften (svævestøv) for partikelstørrelserne PM_{10} og $PM_{2,5}$. Disse grænseværdier gælder for udeluft generelt og derfor også for eksempelvis for områder beliggende nær støvende oplag. Der eksisterer i Danmark ikke en grænseværdi for nedfaldsstøv. Der er 2002 udført et projekt med det formål at foreslå en grænseværdi for nedfald af støv omkring støvende oplag. Forslag til grænseværdi for nedfaldsstøv var $0,133 \text{ g/m}^2/\text{døgn}$. Denne grænseværdi er en maksimal bidragsværdi. Det vil sige, at der kan accepteres et maksimalt bidrag fra den enkelte virksomhed på $0,133 \text{ g/m}^2/\text{døgn}$ ud over det naturlige baggrundsniveau.

Der findes en række støvbegrænsende foranstaltninger, der kan bruges generelt eller individuelt. De er ikke rangordnet efter effektivitet, da det beror på en konkret vurdering hvad der kan anvendes. Ligeledes er gennemgået nogle støvbindere, hvoraf ferskvand umiddelbart synes at have store fordele og ubetydelige ulemper.

I forhold til administration af støvgener kan drifts- og indretningsvilkår udarbejdes i tæt samarbejde mellem virksomhed og myndighed og tilpasses den enkelte virksomhed og de aktiviteter, der kan medføre diffus støvemission. Kontrol af drifts- og indretningsvilkår kan ske gennem aktivt tilsyn og ved, at virksomheden fører en driftsjournal.

I forhold til det videre arbejde vedrørende regulering af støvgener fra råstofgrave har NIRAS følgende anbefalinger:

- Der iværksættes en systematisk undersøgelse af omfanget af støvgener fra råstofgrave. Dette kan ske ved at indhente erfaringer vedrørende støvgener fra råstofgravning fra regioner og råstofindvindere (interviews), ud fra en given spørgeramme hvor f.eks. årstid og årstal, gravens indretning, afstande og retninger til naboer mm. indgår. Supplerende erfaringer kan indhentes fra Norge, der gennem en årrække har reguleret tilsvarende aktiviteter med fastsatte grænseværdier og krav om målinger.
- Der på nuværende tidspunkt i den daglige sagsbehandling sættes på kontrol af indretning og drift af råstofgravene frem for målinger eller beregninger.
- Hvis myndigheden vurderer, at der skal måles, anbefales det at anvende en vindretningsbestemt metode, eller at der opsættes flere bulk samplere omkring den pågældende råstofgrav.
- Gennemføre målinger i en eller flere udvalgte råstofgrave, med forskellige metoder, evt. suppleret med beregninger med "reverse dispersion modelling" med henblik på at få bekræftet eller afkræftet egnethed og sammenhæng til eventuelle fremtidige grænseværdier. Omkostninger til gennemførelse og afreportering af vindretningsbestemte støvmålinger vil være på i størrelsesorden 100.000 kr.
- At videreudvikle katalog over tilgængelige og potentielle virkemidler (i forhold til indretning og drift) med hensyn til økonomi og teknik (BAT).
- At videreudvikle hensigtsmæssige drifts- og indretningsvilkår.
- Det undersøges, om der er behov for at udvikle et planlægningsværktøj til lokalisering af nye råstofgrave med henblik på at forebygge støvgener.

12 Referencer

- /1/ Region Sjælland og Region Midt, 2017: *Projektbeskrivelse – Støv fra råstof-indvinding*. E-mail af 21. juni 2017 "Oplæg til projekt om støv fra råstof-grave".
- /2/ NIRAS, 2017: *Støv fra råstofindvinding. Udviklingsprojekt*. Projektbeskrivelse af 9. oktober 2017.
- /3/ Larsen, G. m.fl., 1988: *Vejledning i Ingeniørgeologisk prøvebeskrivelse*. Dansk Geoteknisk Forening, DGF-bulletin 1.
- /4/ GEUS, 2008: *Jordprøver fra grundvandsboringer*. Geo-vejledning 1.
- /5/ BEK nr. 1472 af 12/12/2017: *Bekendtgørelse om vurdering og styring af luftkvaliteten*.
- /6/ EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS DIREKTIV 2008/50/EF af 21. maj 2008 om luftkvaliteten og renere luft i Europa.
- /7/ Miljøstyrelsen, 2003: *Baggrundsdokument for fastsættelse af grænseværdi for nedfald af støv og regulering af støvemissioner fra diffuse kilder*. Miljøprojekt Nr. 879 2003.
- /8/ Miljøstyrelsens Referencelaboratorium, 2008: *Idékatalog til brug ved regulering og kontrol af diffuse emissioner af støv*. Rapport nr. 48-2008.
- /9/ Thomsen, E, 1995: *Kalk og Kridt I den danske undergrund*. I Bjørsløv Nielsen, O. (red.): Danmarks geologi fra Kridt til i dag. Aarhus Geokompender nr. 1, Aarhus Universitet.
- /10/ Greeley, R. & J.D. Iversen, 1985: *Wind as a geological process on Earth, Mars, Venus and Titan*. Cambridge Planetary Science Series.
- /11/ Bagnold, R. A, 1941: *The physic of Blown Sand and Desert Dunes*. Methuen, London.
- /12/ Skive Kommune, 2015: *Råstofområde ved Batum., VVM-Redegørelse og Miljørapport*.
- /13/ Miljøstyrelsen, 2003: *Baggrundsdokument for fastsættelse af grænseværdi for nedfald af støv og regulering af støvemissioner fra diffuse kilder*. Miljøprojekt nr. 879.
- /14/ DCE, Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet: *Den nationale overvågning af luftkvaliteten i Danmark*: http://www2.dmu.dk/1_viden/2_miljoe-tilstand/3_luft/4_maalinger/5_Metoder/pm10_metode.asp
http://www2.dmu.dk/1_Viden/2_miljoe-tilstand/3_luft/4_maalinger/5_niveauer/6_partikler/partikler_generelt.asp
http://www2.dmu.dk/1_Viden/2_miljoetilstand/3_luft/4_maalinger/5_niveauer/6_partikler/Partikler_trend_year.asp

- /15/ FORCE Technology, 2017: *Respirabelt støv fra råstofudgravning*. Notat til Region Hovedstaden
- /16/ DS/EN 12341:2014: Luftkvalitet - Gravimetrisk standardmålemetode til bestemmelse af PM₁₀- eller PM_{2,5}-massekonzentrationen i svævestøv
- /17/ Norsk Standard, 2010: *Luftundersøkelser – Uteluft – Måling av støvnedfall*. NS 4852:2010
- /18/ Miljøstyrelsens Referencelaboratorium, 2007: *Diffuse emissioner og arealkilder. Vurdering af behov for regulering og monitoring*. Rapport nr. 41-2007.
- /19/ Naturvårdsverket, HANDBOK 2014:1, UTGÅVA 1, JUNI 2014: *Luftguiden. Handbok om miljö kvalitetsnormer för utomhusluft. Version 3*.
- /20/ Klima- og miljødepartementet, 2004: *Forskrift om begrensnig av forurensning (forurensningsforskriften)*. FOR-2004-06-01-931.
- /21/ Queensland Government, Australien. Hjemmeside:
<https://www.qld.gov.au/environment/pollution/monitoring/air-pollution/oscillating-microbalance>

Bilag 1

Oversigt over metoder til bestemmelse af støvfald

Metodebeskrivelse, fordele og ulemper, jf. /12/.

Opsamlingsprincip	Metode	Standard/ reference	Beskrivelse	Fordele	Ulemper
Bulk sampling	Åben, cylindrisk beholder af PE. Lysning 22 mm	ISO/DIS 4222.2 (1980) /34/	Koncentrationen af støvfald måles ved passiv opsamling i en åben cylindrisk beholder. Partikulært materiale fra luften opsamles ved sedimentation, turbulent afsætning eller med nedbør. Opsamlingsvæske i beholderen fastholder de opsamlede partikler. Opsamlingstiden er typisk 2-4 uger.	Enkel og billig metode til måling af det samlede nedfald af støv, d.v.s. under alle vindretninger.	Standarden er aldrig blevet færdiggjort i ISO-regi, angiveligt af finansielle grunde. ISO/DIS 4222.2 benyttes dog stadig f.eks. i New Zealand som referencemetode til kontrolmåling omkring støvende oplag /15/. Kan ikke skelne mellem støv, der bringes med vind fra kilden og støv fra andre vindretninger.
Bulk sampling	Åben, cylindrisk beholder af PE. Lysning 22 mm	NS 4852 (1981) /35/	Identisk med ISO/DIS 4222.2.	En enkel og billig metode til måling af det samlede nedfald af støv, d.v.s. under alle vindretninger.	
Bulk sampling	Åben tragt af glas. Lysning 315 mm	BS 1747: Part 1 (1969) /36/	Partiklerne opsamles i en tragt, og partiklerne skylles med regnvand ned i en underliggende opsamlingsflaske.	Enkel og billig metode til måling af det samlede nedfald af støv, dvs. under alle vindretninger. Opsamlingsflasken er i forhold til den åbne behol-	Skylning til flaske vil alt andet lige medføre større usikkerhed på resultatet.

Opsamlingsprincip	Metode	Standard/ reference	Beskrivelse	Fordele	Ulemper
				der, der bruges efter ISO og NS standarderne, enkel at lukke og transportere efter eksponering.	
Bulk sampling	Åben beholder af glas eller plast. Lysning 95 mm	VDI 2119, Bl. 2 /37/	Opsamlingsprincippet er identisk med ISO/DIS 4222.2 og NS 4852, men opsamlingsbeholderne er noget mindre (lysningens diameter 95 mm mod 200mm for ISO og NS standarderne). En afgørende forskel er, at VDI 2119/9 foreskriver, at hele opsamlingsvæsken inddampes efter eksponering, hvorved den analyserede støvmængde altid vil udgøres af summen af uopløseligt og opløseligt støv.	Enkel og billig metode til måling af det samlede nedfald af støv, d.v.s. under alle vindretninger.	Skelner ikke mellem uopløseligt og opløseligt støv.
Bulk sampling	Klæbefolie. Størrelse 65 mm x 65 mm	VDI 2119, Bl. 4 /38/	Støvfald opsamles ved vedhæftning på en klæbefolie. Partiklerne deponeres og vedhæftes på et transparent "fluepapir". Klæbefolien eksponeres som regel over 7 dage.	Enkel og billig metode til måling af det samlede nedfald af støv, d.v.s. under alle vindretninger. Kan med fordel benyttes i tilfælde, hvor partiklerne ønskes beskrevet ved mikroskopering. Kan bruges til måling over kort tid (ned til 24 timer) ved kampagnemåling omkring støvende oplag.	Effektiviteten nedsættes væsentligt under nedbør. Dette kan undgås ved placering i et specielt designet beskyttelseshus. Hvis beskyttelseshuset benyttes, skal opsamling ske via vertikale åbninger, hvilket kan nedsætte opsamlingseffektiviteten.

Opsamlingsprincip	Metode	Standard/ reference	Beskrivelse	Fordele	Ulemper
Bulk sampling	Frisbee-metode. Omvendt Frisbee, diameter 227 mm.	/39/	Støvfald opsamles i en "omvendt frisbee" på en skumplade af PUR, hvor de uopløselige partikler tilbageholdes. Vandopløselige partikler skylles igennem skumlaget og føres til en opsamlingsbeholder. Skumpladen føres til laboratoriet, hvor de opsamlede partikler analyseres gravimetrisk ved skyling, filtrering og vejning.	Forholdsvis enkel og billig. Målemetoden påvises at være 36% mere effektiv i forhold til BS 1747, Part 1, d.v.s. metoden giver noget højere resultater end denne metode. Det kan diskuteres, om dette er en ulempe eller en fordel, da den "sande" værdi ikke kendes ved måling i felten.	Kan give afvigende resultater i forhold til andre bulk opsamlingsmetoder.
Vindretningsbestemt opsamling	"CERL opsamler"	BS 1747, Part 5/40/	CERL opsamleren består af 4 cylindriske opsamlingsrør af 0,75 m længde, der står på samme position og opsamler støvfald via vertikale åbninger, der vender mod hver sit verdenshjørne. I bunden af hver af cylindrene sidder en opsamlingsbeholder, der efter endt eksponering regnes for at have opsamlet støvfald fra den retning, som åbningen peger imod.	Enkel og billig metode.	Da opsamlingen foregår via vertikale åbninger, vil opsamlingshastigheden være forskellig i forhold til den traditionelle opsamling via horisontale åbninger. Samtidigt kan partikler på grund af turbulens afsættes i den modsat rettede åbning på CERL opsamleren. Dette kan give afvigende resultater /41/.
Vindretningsbestemt opsamling	"METDUST"	/27/	"METDUST" er en dansk udviklet støvfaldsopsamler, der består af to traditionelle opsamlingsbeholdere (f.eks. i.h.t. NS 4852). Den ene af de to beholdere betegnes "K" og opsamler støvfald, når vinden kommer	Metoden anvender de samme opsamlingsbeholdere som angivet i NS 4852 og ISO4222.2, og vil derfor i henhold til de givne standardmetoder specifikt kunne opsamle det støv,	Kræver opsætning af meteorologimast med vindretningsmåler ved siden af samleren. Kræver 220V eller 24 V batteriforsyning.

Opsamlingsprincip	Metode	Standard/ reference	Beskrivelse	Fordele	Ulemper
			fra kilden. Den anden beholder betegnes "B" og opsamler støv, når vinden kommer fra alle andre vindretninger. Dette gøres ved, at et låg alt efter den aktuelle vindretning befinder sig enten på beholderen "K" eller "B". Dermed opnås en måling af støvfald fra henholdsvis kilden og fra alle andre vindretninger. Låget styres af en motor, som aktiveres ud fra en vindretningsmåling.	der deponeres under vinde fra kilden.	

Referencer til bilaget, jf. /12/:

/15/ Good Practice Guide for Assessing and Managing the Environmental Effects of Dust Emissions (2001). ISBN 0-478-24038-4, Ministry of the Environment, Wellington, New Zealand.

/27/ Fuglsang, K. (2002). An Automatic Sampler for Measurement of Dust Deposition Rates around Fugitive Sources. Journal of the Air & Waste Management Association, 52, pp 789-795.

/34/ ISO/DIS 4222.2 (1980). Air quality - Measurement of atmospheric dustfall – Horizontal deposit gauge method. International Organisation for Standardization.

/35/ NS 4852 (1981). Luftundersøkelser, uteluft. Måling af støvnedfall. Støvsamler med horisontal samleplate. Norges Standardiseringsforbund.

/36/ BS 1747 : Part 1 (1969). Methods for the measurement of air pollution. Part 1. Deposit Gauges. British Standards Institution.

/37/ VDI 2119, Bl. 2. Messung Partikelförmiger Niederschläge. Bestimmung des Staubniederschlags mit Auffanggefäßen aus Glas (Bergerhoff-Verfahren oder Kunststoff).

/38/ VDI 2119, Bl. 4. Messung Partikelförmiger Niederschläge. Grössendifferenzierende Bestimmung der Partikeldepositionsrate mittels der Haftfolienmethode. Haftfoliengeräte Sigma 1 und Sigma 2.

/39/ Vallack, H.W. and Chadwick, M.J. (1995). A field evaluation of Frisbee-type dust deposit gauges. Atmospheric Environment 29, 1465-1469.

/40/ BS 1747 : Part 1 (1969). Methods for the measurement of air pollution. Part 5. Directional dust gauges. British Standards Institution.

/41/ Harrison, R.M. (1986) Analysis of Particulate Pollutants. In *Handbook of Air Pollution Analysis, 2nd Ed., Edited by Harrison, R.M. and Perry, R., Chapman and Hall, London.*

Bilag 2

Reduktion af støvafgivelse ved drift og vedligeholdelse af oplagspladser

Støvbegrænsende tiltag	Beskrivelse	Fordele	Ulemper	Økonomi	Typiske anvendelsesområder
Planlægning af arbejdets udførelse med skriftlige arbejdsprocedurer samt tilsyn og opfølgning	Grundig instruktion, suppleret med skriftlig beskrivelse af arbejdsprocedurer, vil kunne medføre en mere effektiv støvkontrol. Løbende inspektion og kontrol med arbejdsgangen er ligeledes afgørende.	Operatørers handlinger i forbindelse med drift af anlæg på oplagspladser er i sig selv af afgørende betydning, når støvemissionen skal holdes på et lavt niveau.	Ingen nævneværdige, bortset fra krav til grundig instruktion. Arbejdsprocessen kan i visse tilfælde tage lidt længere tid.	Lav	Alle typer anlæg
Reduktion af materialets faldhøjde ved læsning og losning	Chauffører/kranførere bør via instruktioner indskræpes, at grabben eller ladet bør sænkes mest muligt ved transport af materiale. Herved reduceres faldhøjden, og støvdannelsen mindskes.	En enkel metode til at mindske støvdannelse ved læsning, losning og flytning af materialer.	Ingen nævneværdige, bortset fra krav til grundig instruktion. Arbejdsprocessen kan i visse tilfælde tage lidt længere tid.		
Ændring af arbejdsgangen i tilfælde af kritiske vindsituationer	Arbejdsinstruktionen kan indeholde, at vindhastighed og vindretning løbende følges. Herved kan operatøren gribe ind og ændre driften, så støvende processer på særligt udsatte steder indstilles, ændres eller flyttes.	Dette vil kunne reducere støvbelastningen i omgivelserne og mindske klager, der ofte opstår ved høje vindhastigheder.	Produktionstab ved reduceret drift. Kræver installation og drift af vindmåler og opsamling/visning af målte vinddata.	Den økonomiske konsekvens af produktionsstabet afhænger af anlægstypen.	Der findes flere eksempler på at vindmålere anvendes i Danmark, f. eks. ved kuloplag.

Kilde: /8/

Bilag 2, fortsat**Reduktion af støvafgivelse ved drift og vedligeholdelse af oplagspladser**

Støvbegrænsende tiltag	Beskrivelse	Fordele	Ulemper	Økonomi	Typiske anvendelsesområder
Hastighedsbegrænsning	Mængden af støv, der ophvirvles fra kørselsveje til og fra støvende oplag, kan begrænses ved at indføre en lav hastighedsgrænse (f.eks. til max. 10-15 km/time). Som tommelfingerregel vil en halvering af hastigheden medføre en halvering af støvemissionen.	Støvemissionen fra tilkørselsveje reduceres. Denne kilde er ofte væsentlig, hvis en stor del af transporten til og fra oplaget foregår ved vejtransport.	I forhold til interne chauffører er det ofte vanskeligere at få eksterne chauffører til at overholde lave hastighedsgrænser.	Meget lav omkostning.	Kan benyttes på alle typer tilkørselsveje.
Rengøring	Oprydning efter spild, renholdelse af overflader, herunder til- og frakørselsveje. Båndtransportørers returløb skal forsynes med effektive båndrensningsforanstaltninger, så man undgår at materiale, der hæfter til båndet, trækkes med tilbage og kan falde af og hvirvles op.	Enkel metode til at mindske støvafgivelsen fra åbne overflader.	Ingen, bortset fra krav til grundig instruktion.	Lav.	
Hjulvask	Vask af hjul på lastbiler ved udkørsel fra områder med støvende processer, herunder byggepladser.				

Kilde: /8/

Bilag 2, fortsat

Reduktion af støvafgivelse ved konstruktionsmæssige tiltag

Støvbegrænsende tiltag	Beskrivelse	Fordele	Ulemper	Økonomi	Typiske anvendelsesområder
Overdækning, indkapsling	Overdækning er en effektiv metode til støvreduktion. Muligheden for overdækning bør altid overvejes i forbindelse med planlægningen. Mulige overdækningsmuligheder kan være fast tag, siloer, kupler, presenninger mm. Indkapsling af transportbånd er en effektiv metode til minimering af støvemissioner under transport og overførsel af materiale. De mest effektive metoder til støvbegrænsning er lukkede konstruktioner med kontrolleret ventilation. Udsugning til filter bør ske fra f. eks. lukkede transportbånd, specielt omlastestationer og ved udmadning.	Overdækning af støvende arealer og oplag eller indkapsling af processer er den mest effektive metode til at reducere støvemissioner til det omgivende miljø.	Praktiske, økonomiske og/eller arbejdsmiljømæssige grunde kan umuliggøre overdækning og indkapsling. Kan ikke anvendes, hvor støvende materiale udvindes, lastes eller losses fra et større geografisk område. Når der er tale om brændbart støv (f.eks. træstøv) kan brandmæssige forhold også vanskeliggøre en hel eller delvis overdækning. Overdækning kan medføre stigende støvkonzentrationer i arbejdsmiljøet. Ofte vil personalet lade porte og vinduer stå åbent i arbejdstiden for at øge luftskiftet og derved forårsage diffuse udslip af støv.	Anlægsomkostning kan være betydelig, men driftsomkostninger er ofte minimale.	Indkapsling af enhedsoperationer, transportbånd og overdækning af støvende oplag. Større siloer etableres sjældent alene for at begrænse støvemissionen fra oplag. Oftest er der andre hensyn, herunder pladsforhold og hensyn til beskyttelse af produktet mod vejrlig. Mindre siloer/fødekanter anvendes ofte i forbindelse med overførsel og påfyldning af støvende materiale.

Kilde: /8/

Bilag 2, fortsat**Reduktion af støvafgivelse ved konstruktionsmæssige tiltag**

Støvbegrænsende tiltag	Beskrivelse	Fordele	Ulemper	Økonomi	Typiske anvendelsesområder
Befæstelse af kørselsarealer	Asfaltering eller stenbelægning af kørselsveje vil kunne dæmpe op-hvirvling fra arealer, hvor kørsel foregår. Anvendes også på til- og frakørselsveje, som ofte udgør en væsentlig kilde til støv. Det kan også være væsentligt at se på befæstelse af vejenes rabatter, især på smalle veje, for vindsuget bag en lastbil, vil også hvirvle støv op fra rabatten.	Rengøring er langt mere effektiv på faste overflader, og op-hvirvling af deponerede partikler fra kørselsveje minimeres derved.	Kan af praktiske grunde ikke anvendes på oplag, hvor materialet ofte flyttes rundt.	Anlægsudgifter til overfladebelægning.	Alle typer anlæg med fast oplag.
Anlægning af kortest mulige transportveje	Støvemissionen fra transport til og fra oplaget kan reduceres ved at minere den vejlængde, der skal køres fra oplaget og til offentlig vej.	Støvemissionen fra tilkørselsveje reduceres. Denne kilde er ofte væsentlig, hvis en stor del af transporten til og fra oplaget foregår ved vejtransport.	Ingen.	Lav.	Kun relevant ved kørsel på store anlægs- og oplagsområder.

Kilde: /8/

Bilag 2, fortsat

Reduktion af støvafgivelse ved konstruktionsmæssige tiltag

Støvbegrænsende tiltag	Beskrivelse	Fordele	Ulemper	Økonomi	Typiske anvendelsesområder
Vindskærme, beplantning og volde	Læskærme kan udføres som faste vægge eller som bunker. Bunkerne kan bestå af det materiale, der oplagres eller af jord. For at begrænse ophvirvling af partikler fra jordvolden kan overfladen med fordel beklædes med græs eller anden vegetation. Vindskærme, der består af net eller af høje træer (f.eks. piletræer) kan også anvendes. Vindskærme med 50 % porøsitet har stort set samme effektivitet som faste vindskærme. Ved placering af vindskærme skal man være opmærksom på, at den største effektivitet af vindskærme fås, når de er placeret i vindsiden i forhold til bunkerne.	Metoden er enkel og medfører ingen driftsomkostninger og kan være ganske effektiv. Faste vindskærme reducerer også evt. støj fra aktiviteter på oplagspladsen.	De relativt høje omkostninger medfører, at metoden kun anvendes ved længerevarende oplagring.	Høj.	Anvendes ofte omkring f.eks. kulbunker, skrotbunker og grusgrave. Vindskærme bør mindst have følgende dimensioner: Højde = bunkens højde Længde = bunkens længde ved jordoverfladen Afstand til bunken ved jordoverfladen = 1 x bunkens højde.

Kilde: /8/

Bilag 2, fortsat**Reduktion af støvafgivelse ved konstruktionsmæssige tiltag**

Støvbegrænsende tiltag	Beskrivelse	Fordele	Ulemper	Økonomi	Typiske anvendelsesområder
Placering af bunker på langs i forhold til vinden	Aflange bunker bør så vidt muligt placeres på langs i forhold til de hyppigst forekommende vindretninger (som i Danmark er sydlige og vestlige). Dette vil reducere støvbelastningen under disse vindretninger, fordi støvafgivelsen primært sker på grund af hvirveldannelse på bagsiden af bunken, og bagsiden er mindst, når vinden blæser på langs af en lang bunke.	Billig metode.	Kan kun anvendes, hvis der er plads til at placere bunken på denne måde, og hvis adgangsveje tillader det.	Normalt ingen nævneværdig ekstraomkostning	Bunker, hvis der er følsomme områder (f.eks. boliger) nord eller øst for bunkerne. Anvendes fortrinsvis til bunker, der langtidsopbevares.
Begrænsning af højden på bunker af støvende oplag	Jo højere bunke, jo mere turbulens dannes på læsiden, og jo mere støv hvirvles der op. Lave bunker giver mindre turbulens på læsiden.	Billig metode.	Pladskrævende. Lavere bunker kræver større areal til oplaget.	Kan medføre lidt højere omkostninger på grund af øgede pladskrav.	I princippet alle områder.

Kilde: /8/

Bilag 2, fortsat

Reduktion af støvafgivelse ved tekniske tiltag

Støvbegrænsende tiltag	Beskrivelse	Fordele	Ulemper	Økonomi	Typiske anvendelsesområder
Valg af de mindst støvende enhedsoperationer til transport af materialet	Der bør så vidt muligt vælges lukkede transportsystemer (transportbånd, transportsnegl) til transport af støvende materiale. Ligeledes bør grabs (pneumatiske skovle), der er lukkede for oven, foretrækkes frem for åbne grabs. Herved dæmpes støvdannelsen under grabbens bevægelser i luften.	Materialet, der transporteres i lukkede transportsystemer, er ikke påvirket af vejrlig. Mindre tab af råmateriale/produkt (tabet fra åbne systemer kan være stort). Minimerer tabet som følge af ophvirvling fra grabben under transporten.	Visuel inspektion hindres, og adgangen (ved serviceeftersyn og lignende) kan blive vanskeliggjort. Igen umiddelbare ulemper.	Afhænger af typen af transportbånd. Ingen nævneværdige ekstraomkostninger.	Alle typer oplag og transport af støvende materiale.
Vanding	Befugtning af materiale og overflader på kørselsveje er en kendt og effektiv teknik til at dæmpe støvdannelsen. Sprinkleranlæg anvendes ofte. Sprinkling af større oplag kan foregå ved hjælp af traditionelle markvandingssanlæg eller ved dyser, der påfører små vanddråber. Med dyser kan vandet fordeles bedre.	Ved befugtning af overflader på støvende oplag opnås en effektiv reduktion af støvdannelsen.	Metoden er begrænset til materialer, der kan tåle vand.	Løbende driftsomkostninger ved drift vurderes at være forholdsvis lave.	Anvendes ofte i forbindelse med oplag af kul, flyveaske, slagger mm.

Kilde: /8/

Bilag 2, fortsat

Reduktion af støvafgivelse ved tekniske tiltag

Støvbegrænsende tiltag	Beskrivelse	Fordele	Ulemper	Økonomi	Typiske anvendelsesområder
Vanding, fortsat	Det er væsentligt, at hele overfladen på bunken befugtes løbende, og at der ikke finder udtørring sted i varme perioder. Vandtæpper, der kan påføres transportbånd eller slisker for at binde partikler til materialet.		Anvendes for meget vand, kan det medføre, at støvproblemet eksporteres til områder længere væk, fordi sammenklistret materiale klæber til køretøjernes hjul, hvorved det kan bringes med ud fra området. I frostperioder kan vandsanlæg ikke benyttes uden tilsætning af frostsikring. Støvdannelse ved f.eks. håndtering af materialet vil derfor ikke kunne reduceres effektivt i frostperioder.		
Kemisk støvbinding	Tilsætning af kemikalier til vandingen kan reducere den diffuse støvemission væsentligt, specielt fra ubefæstede veje og arealer. De fleste støvbindere skal tilføres med regelmæssige mellemrum, som kan være uger eller måneder.	Støvpartikler kan bindes væsentlig mere effektivt i forhold til vanding uden additiver.	Det skal sikres, at brugen af kemiske støvbindere ikke medfører risiko for grundvandsforurening, enten som følge af de aktive bestanddele i produktet eller på grund af urenheder. Grundvandsinteresser kan begrænse eller helt udelukke anvendelsen.	Løbende driftsomkostninger ved drift varierer alt efter hvilket kemikalie, der anvendes.	Uorganiske stoffer, der tåler vand, eksempelvis kul, grus og sand. Anvendelsen af materialerne vil ofte sætte en begrænsning for hvilke støvbindere der kan anvendes.

			delse af støvbindere.		re, der kan anvendes, og i nogle tilfælde (f.eks. cement og mel) helt udelukke anvendelse af både vand og støvbindere.
--	--	--	-----------------------	--	--

Kilde: /8/