

VERSLAG van Workshop CFD-Aanbevelingen
Gehouden bij RWS in Delft op 2 november 2009

Aanwezig:

De vier CFD modellers:

- DGMR Erik den Tonkelaar, Hans van Leeuwen
- Haskoning Bing Yu
- NRG Govert de With
- TNO Ernst Meijer, Sjoerd van Ratingen

Externe experts:

- TU-Delft Harmen Jonker
- VITO Clemens Mensink

Gastheer RWS Niels Lanser, Leon Kok, Paul Fortuin, Theo Cornelissen

Workshop hosting KEMA Hans Erbrink, Joost de Wolff

Verhinderd: Alle genodigden waren aanwezig

AGENDA

1. Opening en vaststelling agenda
2. Voorstelronde
3. Presentatie VITO en TU-Delft
4. Toelichting deelnemers NRG, Haskoning, DGMR, TNO
5. Discussie aan de hand van vragenlijst naar aanbevelingen
6. Vervolg en rapportages
7. Rondvraag en Afsluiting

1 **OPENING EN VASTSTELLING AGENDA**

Gastheer Leon Kok heet de aanwezigen welkom en licht de doelstellingen nog eens toe: Na het in viervoud uitvoeren van de CFD-berekeningen aan de schermen bij Nulde en het vergelijken van deze resultaten, werd het zinnig geacht om eens open te discussiëren over de aanpak en keuzes in CFD-modellering. Tevens wordt de mogelijkheid onderzocht om te komen tot een set aanbevelingen voor het (laten) uitvoeren van CFD-analyses. De afwezigheid van RIVM verklaart Kok uit de lastige dubbelpositie van zowel 'aandragers van oplossingen' als uiteindelijk toetsers. Discussieleider Hans Erbrink doet een agendavoorstel en geeft de spelregels aan: een open discussie om de verschillen en overeenkomsten in CFD-aanpak helder te krijgen als opmaat naar een unanieme set aanbevelingen.

2 VOORSTELRONDE

Ondanks dat veel van de aanwezigen elkaar al wel kennen wordt voor de volledigheid toch een voorstelronde gemaakt. Licht verlaat sluit ook Sjoerd van Ratingen (TNO) nog aan.

3 PRESENTATIE VITO EN TU-DELFT

Clemens Mensink loopt snel door zijn presentatie heen. Bij VITO wordt veel gewerkt met het Envi-Met model om CFD analyses uit te voeren. Op basis van de 10 hoofdonderwerpen van de vragen lijst formuleert hij een aantal concrete vragen die aandacht verdienen bij de vergelijking van de CFD-aanpak:

- Rond keuze rekengrid: Is de keuze numeriek schema niet net zo belangrijk?
- Rond grenslaag: CFD-modellen rekenen vrijwel uitsluitend aan neutrale condities. Is het geen suggestie om de warmtebalans in de modellen mee te nemen? In dit kader stelt Mensink verder voor om het Richardson kental te laten weergeven dat de verhouding tussen mechanische en thermische turbulentie uitdrukt.
- Rond de keuze voor turbulentie model: Hoe zit het met de wandfuncties?
- Rond de keuze voor randvoorwaarden: Naast ruwheid, wat is er voor de bovenzijde en de zijkanten gekozen?
- Rond Convergentie en stabiliteit: Bij gebruik juiste numerieke schema en correcte implementatie, wat te doen bij uitblijven convergentie? Hoe na gaan dat de verkregen oplossing realistisch is en niet het gevolg van een slecht gekozen randvoorwaarde?
- Rond de stap van CFD model naar jaargemiddelde concentraties meldt Mensink dat er onderzoek plaatsvindt om CFD-resultaten te combineren met pluimmodellen, routine toepassing kan nog jaren duren, tot die tijd blijft het lastig behelpen.

Naar aanleiding van de presentatie vraagt Jonker hoe het oplossen van de warmtebalans terugkoppelt in de CFD analyse. Uiteindelijk vindt dit plaats met een 'buoyancy'-model. De opmerking van Ernst Meijer dat de aanpak met niet alleen neutrale situaties meer past in de micro-meteorologie modellen dan in de pure CFD-aanpak vindt breed bijval. Wel is er ruim aandacht voor het onderscheiden van mechanische en atmosferische turbulentie. Stabiliteit blijkt een lastig thema, zeker ook in een buitenstedelijke omgeving. Cornelissen vraagt zich af hoe nauwkeurig de analyse moet zijn. Erbrink suggereert dat dit wellicht minder speelt in de Nulde-situatie met slechts een enkel scherm. Meijer stelt dat in deze 'open-veld'-situatie gedomineerd door meteorologie het thema stabiliteit juist zwaar mee speelt. Punt wordt meegenomen naar de discussie.

Harmen Jonker verwijst naar de presentatie die hij bij eerdere ontmoeting in dit kader gaf en geeft aan per onderwerp van de vragenlijst te zullen reageren.

4 TOELICHTING DEELNEMERS

4.1 NRG

Aan de hand van een presentatie licht Govert De With de keuze voor het pakket (COMSOL, finite element methode) toe en motiveert hij zijn overstap naar een meer geschikt pakket (hij noemt Fluent, finite volume methode). Verder laat hij een aantal aspecten van de specifieke modellering zien. Zo past hij aan de bovenzijde als randvoorwaarde een afschuifspanning toe. Rond de geschiktheid van het k- ϵ -model is veel te doen, maar bij gebrek aan werkbare verbetering acceptabel. Zeker ook omdat je goed zicht hebt op wat je doet. Voor de mesh-resolutie en de “wall-law” hanteert hij de aanpak van Blocken (2007) als uitgangspunt. In antwoord op de opmerking van Jonker dat de afschuifspanning aan top gelijk aan nul zou moeten zijn volgt de observatie dat het model juist met deze randvoorwaarde tot zulke mooie resultaten kwam, terwijl de hoogte zeker ruim hoog genoeg was. Er wordt naar aanleiding hiervan gewaarschuwd voor het introduceren van een onterechte correctieterm. Voor de TPT (traffic produced turbulence) zijn de beschrijvingen uit het TRAPOS project gebruikt.

4.2 Haskoning

Aan de hand van zijn presentatie toont Bing Yu de door Haskoning gevolgde aanpak met het model Fluent. Een belangrijk punt voor hem is dat vanwege het gebruik van uitsluitend gemiddelde waarden als invoer (denk aan de verkeersintensiteit, -formaat en -emissies, windsnelheden en overige meteo) de oplossing nooit exact kan zijn. Hij vraagt – naast aandacht voor de nauwkeurigheid – aandacht voor een goed vaststelling van de doelstelling, dit bepaalt mede de keuze voor de methodiek en is minstens zo belangrijk als het aspect nauwkeurigheid. Haskoning heeft zowel traffic induced momentum toegepast alsook extra turbulentie bovenop het standaard k-epsilon model om de impact van het wegverkeer te verrekenen. In gebieden waar een hoge turbulentie heerst, is een verfijnde mesh neergelegd, om in deze gebieden de sterke gradiënten goed te kunnen beschrijven. Het effect van verkeer en bossages is door hen zowel afzonderlijk als in combinatie onderzocht. De bossage is een 'source term voor momentum' (negatief) die de windsnelheid reduceert, turbulentie genereert en daarmee de concentraties verhoogt. Hoe krachtig de computers ook zijn en nog worden, rond geometrie en afmetingen loop je noodgedwongen tegen beperkingen aan.

4.3 DGMR

Aan de hand van een presentatie stipt Erik den Tonkelaar vlot een aantal aandachtspunten aan in zijn gebruik van CFX. Uit zijn analyses blijkt dat de keuze van de ruwheid van het open veld verklaarbaar een grote invloed heeft. Zijn voorstel om de te gebruiken ruwheid dus goed af te stemmen met opdrachtgever krijgt weinig support (deskundigheid?). In enig detail

beschrijft hij de truc die nodig is om de lage ruwheid die in het model automatisch leidt tot grote afmetingen van de gridcellen, toch te combineren met de kleine celafmetingen (prisma's) die je juist rond het obstakel wilt hanteren. Op basis van ervaring kiest hij ipv k- ϵ -model voor het zgn. SST model: een tweede orde SST model is in deze toepassing beter dan het k- ϵ -model. Verder geeft hij aan dat hij vaak gelijk al rekent met het maximale aantal gridcellen. De eenvoudige suggestie om de juistheid van de oplossing aan te tonen door als test nog eens met een verfijnde gridresolutie te rekenen is daarmee niet werkzaam in de praktijk. Bomen zijn in het model opgenomen als een geperforeerde plaat zoals soms ook wordt gedaan bij windtunnel experimenten. Uiteindelijk convergeerde de totale aanpak naar een stabiel resultaat.

4.4 TNO

Ernst Meijer sluit de rij presentaties af en licht nog een aantal aandachtspunten toe. De berekeningen zijn door TNO uitgevoerd met Fluidyn, een CFD-model dat speciaal is toegerust voor berekeningen aan de atmosfeer. Het model heeft de mogelijkheid een eigen mesh te genereren. Er is gerekend voor neutrale condities zoals die optreden bij dag/nacht-overgangen. De redelijk complexe geometrie is destijds door hen berekend in een regelmatig grid. Met kennis en capaciteiten van nu zou het wellicht anders ingestoken worden. Veel aandacht is uitgegaan naar de modellering van vegetatie als momentum-bron waarvan de verlies term afhankelijk is van de leaf area index (LAI). De door het verkeer geïnduceerde turbulentie is gemodelleerd door een serie impulsbronnen op de weg. Zijn waarschuwing is dat er bij dergelijke modellen veel 'onder de motorkap' gebeurt waar je als gebruiker niet direct zicht op hebt. Daarom overweegt TNO een overstap naar een ander pakket als FLUENT. Het is daarom belangrijk dat de gebruiker weet waar hij welk model voor gebruikt. Dit vraagt een specialistische deskundigheid voor bijvoorbeeld de keuze van het aantal en de grootte van de gridcellen, de ruwheid en de wandfuncties.

5 DISCUSSIE ROND VRAGENLIJST, NAAR AANBEVELINGEN

Bij aanvang van de discussie stelt Jonker voor om een vraag aan de lijst toe te voegen: "Voor welk CFD-pakket is gekozen en waarom?". Het eerlijke antwoord zal vaak luiden dat gekozen is voor het model dat beschikbaar was en waar men dus ook ervaring mee had. Verder was de keuze om de volgorde te laten bepalen door de thema's die in de presentatie reeds als gevoelig naar voren kwamen.

Atmosferische stabiliteit: Uitsluitend rekenen voor neutrale condities zou niet mogen want de meteo heeft, ook op korte afstand van het scherm (volgens sommigen), een te zwaar

effect. Op termijn schuilt de oplossing wellicht in hybride modellen (neutraal met CFD en alle meteo met bv gaussische modellen), zeker omdat voor windtunnels de gelijke beperking geldt. Bing stelt dat je de ambities voor CFD-analyses naar beneden zou moeten bij stellen. Inzichten blijven uiteraard waardevol. Mensink vult aan met pleidooi voor het Richardson kental. Er ontstaat op dit punt een soort praktijk aanbeveling: rekenen voor neutraal, maar op (korte?) termijn voor meer meteo-condities, als dit element beter is uitgewerkt voor CFD.

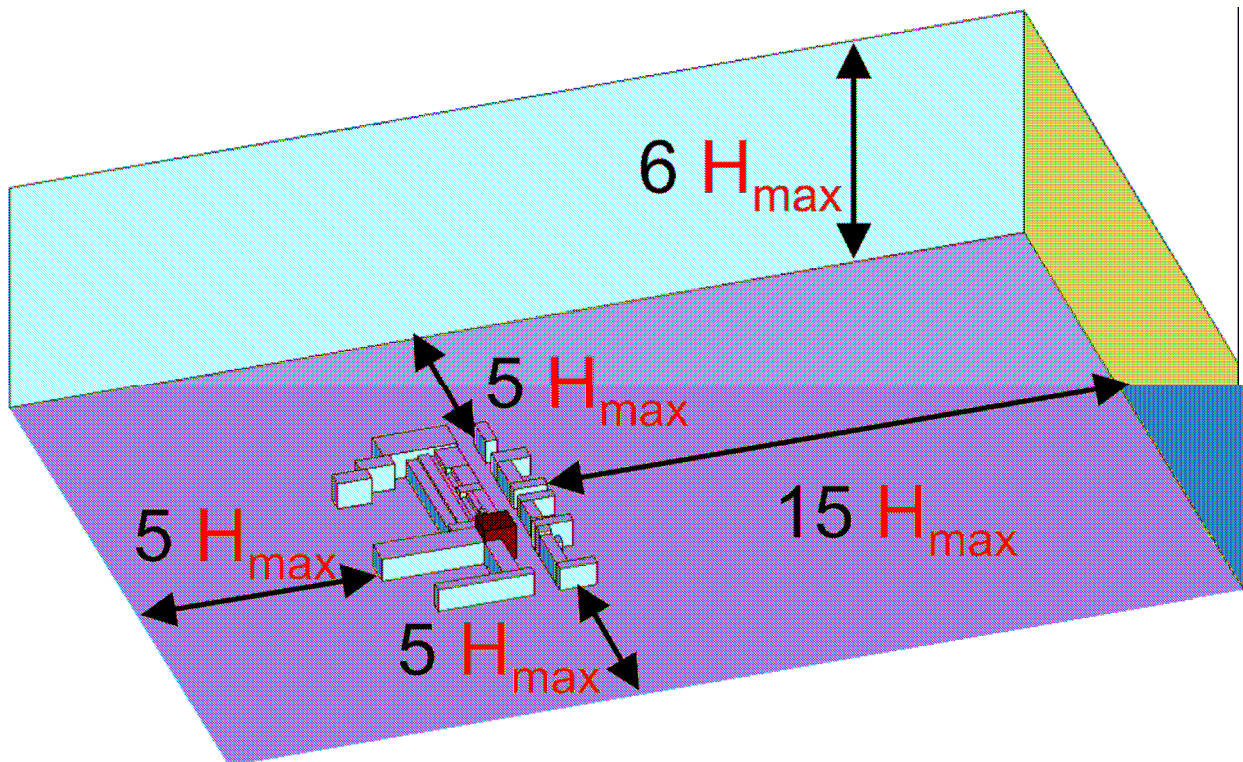
Ruwheidslengte: Elk pakket vraagt op dit punt om zijn eigen aanpak, de gebruiker zou moeten aantonen dat hij een consistent windprofiel en drukverloop genereert voor de situatie zonder obstakels. Ook de stromingsprofielen in de obstakelloze situatie zijn illustratief. Meijer brengt de algemene vraag op hoe te komen tot voor alle modellen geldige aanbevelingen. Hij ziet meer in een 'practical guide line' in de trant van "als je wat met CFD wil, let dan daar, daar en daar op". Het werken volgens "in graniet gebeitelde" of "in beton gegoten" voorschriften is in het CFD-veld niet werkzaam, daarvoor is het kennisgebied nog te veel in ontwikkeling en veranderen de inzichten te veel in de tijd. De ontwikkelingen in computercapaciteit dragen hier toe bij. Bij gebrek aan harde criteria zou de modelleur moeten aantonen dat hij over een aantal thema's bewust heeft nagedacht. De keerzijde is dat dit een opdracht uitgebreider (en dus duurder) maakt (in concurrentie?), terwijl aan de zijde van de opdrachtgever ook een zekere deskundigheid in de aanbesteding en beoordeling gevraagd wordt (waarvoor weer een tweede onafhankelijke deskundige zou kunnen worden ingeschakeld, maar etc...). Consensus is er voor wat betreft de noodzaak dat modelleur helder duidelijk maakt WAT hij heeft gedaan om de ruwheidsfactor goed in te bouwen en HOE dat is uitgepakt, door middel van druk- en windprofielen i.e., geen significante schommelingen/fluctuaties in de druk- en windveld in het domein zonder obstakels

Afmetingen rekendomein: COST Action C14: "Impact of Wind and Storms on City Life and Built Environment, Working group 2 – CFD techniques, RECOMMENDATIONS ON THE USE OF CFD IN PREDICTING PEDESTRIAN WIND ENVIRONMENT". bevat richtlijnen voor dimensies (zie onderstaande figuur). De modelleurs nemen deze eenvoudig ruim genoeg, waarbij vooral de hoogte vanwege het windprofiel aandacht krijgt. De voorgestelde oplossing met een herhalingstest wordt als praktisch onzinnig beschouwd daar dit te bewerkelijk is. Scherp letten op wind en drukprofielen is een zinniger activiteit.

Ongewenste randeffecten: Door te werken met een ruime omhullende om het eigenlijke interesse gebied worden al veel problemen voorkomen. Genoemd is nog dat aan de bovenzijde van het rekendomein geen turbulentie tgv de obstakels zichtbaar mag zijn. Consensus bestaat over de suggestie dat gezond verstand en kennis van zaken

zwaarwegender zijn dan een 'hard' voorschrift. Zo leert de praktijk dat verhoudingen relevanter zijn dan absolute dimensies, ook het element 'rekensnelheid' speelt een rol. De consensus spitst zich toe tot deze conclusie, waarbij de figuur als leidraad kan gelden.

Regelmatig of onregelmatig grid: Een regelmatig grid geeft minder numerieke diffusie en heeft de voorkeur als de geometrie dat toelaat. Past de geometrie slecht in een rechthoekig grid, dan heeft een onregelmatig grid de voorkeur. Zeker voor degenen zonder toegang tot supercomputers worden de gehanteerde aantallen cellen reeds bepaald door de capaciteit. Gridverfijning vormt dan geen optie meer, computercapaciteit versus expert-judgement. Opnieuw zou de modelleur moeten aantonen dat deze ook op dit aspect goed zit (of "Wil ik mij hier voor laten betalen?"). Er bestaat een link tussen de keuze van het mesh en het convergeren naar een oplossing, hoewel het aantonen van mesh-onafhankelijkheid nog geen garantie voor de juiste oplossing is. De aanbeveling is dus heel kwalitatief dat de modelleur een goede onderbouwing moet geven voor het gekozen grid en dat deze keuze (ook al is het de bovenwaarde van de gebruikte computer) ook adequaat is, dat wil zeggen dat het resultaat onafhankelijk is van het gekozen mesh.



COST Action C14: aanbevelingen voor afmetingen rekendomein.

Rekenpakketkeuze: Deze keuze is sterk afhankelijk van de aanpak, opnieuw iets wat de gebruiker beter kan aantonen dan dat de opdrachtgever het voorschrijft. Bovendien is de keuze redelijk aan veranderingen onderhevig in de tijd. DGMR oordeelt kwaliteit analyses vooral op basis van concentratieprofielen, verdere indicatoren zijn mogelijk maar deze wachten nog op onderzoek. Meijer put juist vertrouwen uit profielplots van de TKE. RWS stelt duidelijk dat het niet wenselijk is dat de opdrachtgever het pakket gaat voorschrijven. Geen aanbeveling op dit punt daarom.

Stabiliteit aantonen: Ook hier schiet een kwantitatief criterium als 'niet stoppen bij 10-4 maar laten doorrekenen tot 10-5 tekort'. Bing meldt geregeld de Relax-factor als criterium voor stabiliteit te gebruiken. Algemeen bijval krijgt de suggestie om een aantal (vijf?) monitorpunten in het interessegebied te gebruiken als indicatoren, hoewel instabiliteit op enkele punten onderdeel van het optredende stromingspatroon kan zijn (en dus geen artefact is). Bij voorkeur wordt de stabiliteit aangetoond met een iteratieplot. De aanbeveling op dit punt is dat de modelleur aantoont dat stabiliteit verkregen is, bijvoorbeeld door het tonen van iteratieplots voor een aantal monitorpunten.

Turbulentiemodel: het k- ϵ -model of SST (hybride k- ϵ -model en k- ω -model) worden elk niet heilig verklaard maar wel als veilige keuze beschouwd. Bovendien kennen de gebruikers de beperkingen. Wel is men erover eens dat de turbulentiemodellen niet echt mee-geevolueerd zijn, in de toekomst is er van large-eddy simulations een verbeter slag te verwachten. Geen nadere aanbeveling dan voorlopig deze modellen te blijven gebruiken.

Verkeersmodel: Bing geeft aan zeker voor personenauto's een relatief geringe hoogte van 0,4 m te hanteren, Mensink twijfelt sterk aan het belang van de initiële emissiehoogte. De turbulentie van het verkeer wordt als zwaarwegender beoordeeld. De relatieve invloed van het scherm wordt ook mede bepaald door de aangenomen verkeersturbulentie. Oplossing van menig modelleur is om het verkeer als volumebron te introduceren: over een zekere hoogte (waarden van 3-5 m worden genoemd) wordt de emissie ineens opgemengd gedacht. De extra turbulentie door verkeer is dan van ondergeschikt belang. Aanbeveling: verkeer introduceren als volumebron van voldoende hoogte (vrachtauto's meer dan personenauto's).

Gevraagd naar een uitsmijter antwoordt Jonker verrast te zijn door de incompatibiliteit van de modellen, zoals bijvoorbeeld het opleggen van een ruwheid dat slechts met veel trucs mogelijk is. Ook was de 'ambachtelijkheid' van het aanmaken van het rekengrid tekenend voor de grote invloed van de gebruiker. Graag zou hij eens gaan meten aan de werkelijke waarde van de traffic induced turbulence.

6 **VERVOLG EN RAPPORTAGES**

- Het verslag van deze bespreking, inclusief een set CFD-aanbevelingen, zal in concept worden rondgestuurd, en na ontvangst en verwerking commentaar van de deelnemers definitief gemaakt.
- Het is mogelijk dat RWS/DVS het IPL-werk op het gebied van CFD-modellering voortzet.
- De rapportage van KEMA rond de benchmark uitkomsten zou beschikbaar moeten zijn, zeker voor de deelnemende CFD-modellereurs. Leon Kok gaat nog na in welke vorm en wanneer verspreiding plaats kan vinden.
- RWS zal ter afsluiting IPL activiteiten op dit terrein nog een "lessons learned"- rapport opstellen waarin de bevindingen uit het windtunnel-, schermenproeftuin en CFD-onderzoek worden vastgelegd.

7 **RONDVRAAG EN AFSLUITING**

Van de rondvraag wordt geen gebruik gemaakt. Na een dankwoord van de gastheren voor de open en geïnspireerde workshop begeeft een ieder zich in de drukke avondspits.

8 **CFD-AANBEVELINGEN**

In het kader van het Innovatief Programma Luchtkwaliteit heeft RWS ervaring opgedaan met het voorspellen van het effect van een scherm op de luchtkwaliteit, op basis van CFD modelleringen. RWS verwacht in de toekomst dat bij de volgende toepassingen CFD mogelijk een rol kan spelen:

- Bij meer complexe situaties bij snelwegen zoals bij tunnelmonden, knooppunten, dicht bijzijnde gebouwen/obstakels, etc.
- Situaties die vragen om een (uitgebreide) gevoeligheidsanalyse: bijvoorbeeld wanneer het van belang is om de invloed op de luchtkwaliteit te weten van de verschillende factoren (anders dan het scherm), hierbij wordt met name gedacht aan begroeiing of andere obstakels in de nabijheid van de weg en/of het scherm.
- Situaties waar voornamelijk de turbulentie door obstakels de luchtkwaliteit bepaalt; wanneer de atmosferische turbulentie overheerst, kunnen nu beter atmosferische

grenslaagmodellen als rekenmodellen worden gebruikt. CFD kan in de toekomst mogelijk ook voor buitenstedelijke gebieden een rol spelen waarbij atmosferische stabiliteit van belang is (naarmate CFD's beter met (on)stabiliteit in de atmosfeer kunnen omgaan)

Voor CFD bestaan deels alternatieve modeltechnieken, die in sommige gevallen CFD berekeningen kunnen vervangen:

- SRM2: Indien het noodzakelijk is om voor een eenvoudige praktijksituatie het luchtkwaliteitseffect van een scherm te bepalen (dwz. een scherm op korte afstand van HWN in buitenstedelijk gebied) kan met een berekening m.b.v. SRM-2 het luchtkwaliteitseffect van een scherm met voldoende betrouwbaarheid worden bepaald. CFD-modelleringen hebben in die situatie (vooralsnog) geen meerwaarde.
- Alternatieve gaussische modellen zoals ADMS of KEMA STACKS+ indien meer complexe wegcombinaties en andere (industriële of agrarische) bronnen van invloed zijn.
- Windtunnelmodellen. De acceptatie van de windtunnelexperimenten (bij bijvoorbeeld bestuurlijke besluitvorming) lijkt op dit moment (nog) groter dan de resultaten van CFD modelleringen. Diverse windtunnels zijn door VROM in het kader van de Regeling Beoordeling Luchtkwaliteit goedgekeurd als alternatief voor SRM modellen.

Evenwel lijken CFD-modelleringen veel geschikter te zijn voor het uitvoeren van gevoeligheidsanalyses dan wind tunnelexperimenten. Te denken valt in dit verband aan de gevoeligheid van de uitkomsten voor de gekozen ruwheid, de Traffic produced turbulence (TPT), de taludhoogte, de rijsnelheid, aandeel vrachtverkeer, afstand van het scherm tot de rijbaan, aantal rijbanen. Bij de vertaling van de CFD resultaten naar een jaargemiddeld effect kan gedacht worden aan aantal windsnelheden en windrichtingen. Voorts geven CFD modellen een totaalbeeld van stromingen en concentraties, terwijl bij windtunnels steeds op een beperkt aantal meetplaatsen gemeten kan worden. CFD modelleringen lijken zeer geschikt voor het uitvoeren van gevoeligheidsanalyses....etc. Het is nu echter nog niet goed mogelijk een afwegingskader te geven wanneer beter gekozen kan worden voor windtunnelexperimenten of voor CFD-modelleringen

Met behulp van CFD kunnen goede resultaten worden bereikt wanneer wordt uitgegaan van een neutrale atmosfeer. De aanname is dat de mechanische turbulentie gegenereerd door de obstakels de atmosferische stabiliteitseffecten domineren. Deze aanname zal vaak terecht zijn dicht bij de obstakels, behalve wellicht bij lage windsnelheden; op grotere afstand gaat de atmosferische turbulentie (of het dempen ervan) weer overheersen. Het in beperkte mate meenemen van de atmosferische stabiliteit in een CFD-model is op dit

moment in principe wel mogelijk (maar niet eenvoudig, leidend tot lange rekentijden). Indien in de nabije toekomst een luchtkwaliteitsvoorspelling in relatie tot atmosferische stabiliteit noodzakelijk is, dient RWS zich er van te vergewissen dat in de CFD-modellering hiermee rekening wordt gehouden. NB: in dit kader kan nog vermeld worden dat de stromingen ook kunnen worden voorspeld met LES ('large eddy simulations') een rekentechniek die geen convergentie vereist en wellicht dus sneller tot resultaten kan leiden. Deze modeltechniek in combinatie met fysische obstakels zoals schermen is echter nog een onderwerp voor fundamenteel onderzoek.

CFD modellering voor luchtkwaliteit is een "jong" vakgebied dat sterk in ontwikkeling is. Dit betekent dat in de komende tijd de inzichten omtrent o.a. het toepassingsgebied en de meteorologische variabiliteit, aanmerkelijk kunnen wijzigen. Bij voorkeur worden CFD modelleringen voor praktijksituaties alleen door partijen gedaan die niet alleen aantoonbaar ervaring hebben met dergelijke modelleringen, maar ook blijf geven de ontwikkelingen op de voet te volgen.

Uitgaande van de bovenvermelde toepassingen en kanttekeningen stelt het IPL voor de volgende aanbevelingen te hanteren bij de toepassing van CFD-modelleringen:

Atmosferische stabiliteit: (Praktische) aanbeveling: rekenen voor neutrale condities, maar feitelijk bestaat er een voorkeur voor rekenen met alle atmosferische stabiliteiten. In veel pakketten is dit nog niet echt goed mogelijk; wanneer dit element beter uitgewerkt is in de beschikbare pakketten, is de voorkeur er om voor CFD met meer meteo-condities (instabiele of stabiele condities) te rekenen. Opdrachtnemers kunnen hier dan (onderbouwd) gemotiveerd van afwijken.

Ruwheidslengte: De modelleur onderbouwt de keuze voor de waarde van de ruwheidslengte in het ongestoorde gebied. De modelleur maakt duidelijk wat hij heeft gedaan om de ruwheidsfactor goed in te bouwen en door middel van druk- en wind- en turbulentieprofielen en hoe dat heeft uitgepakt.

Afmetingen rekendomein: De modelleur toont aan dat de afmetingen ruim genoeg genomen zijn, waarbij vooral de hoogte vanwege het windprofiel aandacht krijgt. Uitgangspunt kan zijn de aanbevelingen van COST Action C14. Opnieuw zijn wind- en drukprofielen zinnig ter illustratie.

Ongewenste randeffecten: Werken met een ruime omhullend rekendomein om het eigenlijke interesse gebied voorkomt veel problemen. Verhoudingen zijn relevanter dan absolute dimensies, daarbij speelt ook het element 'rekensnelheid' een rol.

Regelmatig of onregelmatig grid: De kwalitatieve aanbeveling is dat de modelleur een onderbouwing moet geven voor het gekozen grid en tonen dat deze keuze adequaat is, dat wil zeggen dat het resultaat onafhankelijk is van het gekozen mesh.

Rekenpakketkeuze: Geen aanbeveling op dit punt.

Stabiliteit aantonen: De modelleur toont aan dat stabiliteit verkregen is, bijvoorbeeld door het tonen van iteratieplots voor een aantal representatieve monitorpunten.

Turbulentiemodel: De aanbeveling is om voorlopig het k- ϵ -model of SST te blijven gebruiken. Ook hier geldt dat het onderbouwen van de keuze een onderdeel van de rapportage behoort te zijn.

Gevoeligheidsanalyse.

Het aan te bevelen een gevoeligheidsanalyse onderdeel van de berekeningen en de rapportage te laten uit maken. Dit kan bijvoorbeeld betekenen dat de effecten van deelonderwerpen in het model (bijvoorbeeld in het model modulair toevoegen van scherm 1, scherm2, bosjes, talud etc) stapsgewijs worden aangegeven, startend bij een ongestoorde situatie. Ook kan gevraagd worden de gevoeligheid van de gekozen ruwheid, de schermdikte, de TPT door verkeer, de taludhoogte e.d. aan te geven. RWS is dan zelf verantwoordelijk voor het kiezen van de parameters waarop de gevoeligheid toegepast moet worden.

Verkeersmodel: Verkeer introduceren als volumebron van voldoende hoogte.

Een en ander is mede gebaseerd op:

- COST Action C14: "Impact of Wind and Storms on City Life and Built Environment, Working group 2 – CFD techniques, RECOMMENDATIONS ON THE USE OF CFD IN PREDICTING PEDESTRIAN WIND ENVIRONMENT"
- COST Action 732: "Quality assurance and improvement of microscale meteorological models", "Best practice guidelines for the CFD simulation of flows in the urban environment"

- VDI Guideline 3783, Part 9, 2005: Environmental Meteorology – Prognostic Microscale Windfield Models – Evaluation for flow around buildings and obstacles.