

Användning av spridningsmodeller för beräkning av luftspridning av hästallergen och lukt från hästanläggningar

Projektledare: Docent Lena Elfman, Arbets- och miljömedicin, Uppsala Universitet, Akademiska sjukhuset, Uppsala

Övriga projektdeltagare: Fil dr Marie Haeger Eugensson och Fil dr Martin Ferm, IVL Svenska Miljöinstitutet, Göteborg

1 Bakgrund

Hästsporten är den näst största sporten i Sverige idag, näst efter fotbollen. Utövarna av denna sport vill även de ha nära till sina hästar, liksom man vill ha nära till gymmet, affären och skolan. Det gör det att hästgårdar och travanläggningar, som tidigare legat på landet, idag ligger närmre tätortsnära miljöer och blir således omgärdade av bostäder och annan bebyggelse. Enligt den senaste beräkningen så finns det ca 310 000 hästar i landet och över 200 000 av dessa finns i tätortsnära miljöer (Jordbruksverket, 2010 <http://www.jordbruksverket.se/formedier/nyheter/nyheter2011/antalet-hastaris-verige-uppskattas-till-362700-5-510b667f12d3729f91d80007251.html>). Detta skapar problem vid tillämpning av såväl Plan- och bygglagen som Miljöbalken. Hästar ger upphov till olägenheter, som är det lagtekniska begreppet, i form av spridning av lukt, flugor, damm/partiklar och allergen. Dessa olägenheter ska beaktas vid planläggning och medgivande av bygglov samt i tillsyns- och anmälningsärenden.

Sen i slutet av 1980-talet har vi haft ett skyddsavstånd i Sverige på 500m mellan bostads- och fritidsbebyggelse och områden med hästhållning, stall och ridstigar. Risken för spridning av hästallergen betraktades som ett stort problem och var det förhållande som föranledde den mest strikta tillämpningen av bestämmelserna om skyddsavstånd mellan djuranläggningar, bostäder och skolor. Forskning under 2000-talet har dock kunnat visa att hästallergen inte sprids så långt från stall som man tidigare trott. Man har kunnat visa att hästallergen sprids i medeltal ca 50-100 m från stall och hagar, men låga halter kan påvisas upp till 400-500m beroende på vindhastighet och riktning (Emenius et al., 2001, Elfman et al., 2008). Boverket har därför i sina nya riktlinjer om skyddsavstånd valt att inte ange några antal meter utan att man måste avgöra avståndet i det enskilda fallet, beroende på storleken av hästanläggning, rådande topografi, växtzoner och meteorologi. Detta gör att det finns ett stort behov av verktyg för att kunna beräkna spridning av hästallergen i olika scenarier (<http://www.boverket.se/Planera/planeringsfragor/Planering-for-djurhallning/>).

Det finns idag inga generella rekommendationer av beräkningsmodeller, varken i Sverige eller i Europa, för bestämning av spridning av hästallergen runt hästanläggningar. Eftersom spridningsberäkning inte är någon allmänt förekommande metod har inte generellt underlag för bestämning av emissioner (utsläpp) i form av emissionsfaktorer (dvs utsläpp/häst) utvecklats. Idag finns endast mycket grova emissionsfaktorer för partikelbundet allergen baserade på en mix av olika djur (bl.a. grisar och nötkreatur) framtagna av TNO i Holland (The Netherlands Organisation for Applied Scientific Research CEPMEIP, 2001, Klimont et al., 2002). Syftet med dessa faktorer var att kunna göra nationella uppskattningar av

partikelemissioner till luft, men inte för användande som indata till lokala beräkningar av halter av hästallergen.

Vi har inte kunnat hitta någon information om genomförda spridningsberäkningar i vare sig Sverige eller Europa. Behovet av att kunna genomföra beräkningar av spridning av hästallergen har ökat, både pga att hästverksamheten ofta ligger närmre bebyggelse och att man lagt en större börda på kommuner och landsting att ta fram adekvata beräkningar i det enskilda fallet.

Förutom spridning av hästallergen i området kring hästanläggningar så förekommer problem med lukt. Människan luktsinne är inte lika känsligt som djurens, men luktröskeln ligger på ppb-nivå för aminer och merkaptaner. Aminer bildas och emitteras till luft på liknande sätt som ammoniak. Största källan till ammoniak är stallgödsel (Nielsen et al., 1990).

Då hästallergen sprids med partiklar och lukt både i form av gas och partiklar, kan dessa behandlas som andra "vanliga" luftföroreningar under förutsättning att det finns relevanta beräkningsmetoder för emissionerna. Om dessa emissioner ska kunna bli beräkningsbara så är det nödvändigt att relevanta emissionsfaktorer tas fram. Syftet med denna studie är att definiera generella emissionsfaktorer för hästverksamhet, genom att ta fram faktorer dels för häst utomhus angivet som mängd allergen/häst (U/häst), dels för häst i stall angivet som mängd allergen/tidsenhet (U/se) i ventilation från stall kopplat till storlek på hästanläggning. En analys skall även göras för att studera om dessa emissionsfaktorer varierar under dygnet.

Vissa människor upplever obehag av lukten från hästar. Detta är en annan anledning till att man inte vill ha stall, gödselupplag och hästar för nära bebyggelse. Med syfte att kunna göra en helhetsbedömning av belastningen från en hästanläggning så ska även spridning av lukt studeras. Det är inte lätt att mäta lukten från hästar eller deras gödsel på ett kvantitativt vis eftersom det finns ett mycket stort antal ämnen som bidrar till lukten. Ammoniak valdes ut som en indikator på lukten eftersom det finns välutvecklade metoder för att mäta dess halt. Emissionen och luktröskeln för ammoniak är dock betydligt högre än för många aminer och svavelföreningar som bidrar till lukten från hästgödsel.

2 Material och metoder

Val av stall

Provtagningar av partiklar, allergen och lukt har genomförts på Gunnebo Ryttarsällskaps Ridskola belägen på Gunnebo slott i Göteborg vid tre tillfällen. Ridskolan på Gunnebo slott, med 22 (17 i huvudstall+5 i omkringliggande mindre stallar) hästar, är belägen i en inte alltför komplicerad terräng och där hagar och stall är väl separerade. På detta sätt var det lättare att erhålla "renodlade" mätningar för emissioner från hage respektive stall. Mätning av lukt har även genomförts vid ett tillfälle på Nääs slotts hästanläggning, med 44 hästar, som också ligger utanför Göteborg.

Provtagning av partiklar och allergen

Provtagningarna genomfördes dels som kontinuerliga mätningar inne i stallet och vid hagarna dels som några kampanjer där ett större antal prover togs, främst runt hagarna. Kampanjerna utfördes under maj och augusti 2009 samt i augusti 2010. Slutligen genomfördes även dag/nattprovtagning i stallet i syfte att undersöka dygnsvariationen av allergen och utreda om den var direkt proportionell med mängden hästar i stallet.



Figur 1. Mätpunkterna (röda siffror) för kampanjerna 2009 vid Gunnebo slott.

De kontinuerliga mätningarna av partiklar genomfördes i stallet och vid hagarna (vid 1 respektive 6 i Figur 1 ovan). Partiklarna samlades in på Teflonfilter med EUs referensmetod för PM_{10} (CEN 1998). För detta användes två stycken sk. "KleinfILTERgerät" där den modifierades för att provta samtliga luftburna partiklar (TSP, Total Suspended Particles) och den andra på vanligt sätt för PM_{10} . Vid några tillfällen mättes även partikelstorleksfördelningen med ett optiskt instrument (Grimm #1.108 - Portable Dust Monitors and Aerosolspectrometer). För den kampanjprovtagningen användes membranpumpar försedda med IOM-provkasett och ett millipore filter (porstorlek $1,0 \mu m$). Provtagningen gjordes under ett par dagar vid varje provtagningsomgång. Flödet var ca 2 l/min och provtagningstiden var 7-8 timmar, d v s under den tid som hästarna vistades ute i hagarna. Filtren från de bägge provtagarna analyserades dels genom vägning av mängden partiklar på IVL, Göteborg, och sedan avseende halten hästallergen på AMM i Uppsala.

Allergenanalyser

Den immunologiska analysmetoden sandwich ELISA (antikroppar erhöles som en gåva från Mabtech, Nacka) användes för att få fram halten av hästallergen i proverna, i princip enligt metoden som finns beskriven tidigare (Emenius et al., 2001, Elfman et al., 2008). Detektionsgränsen för vanlig ELISA är 2 U/ml, vilket motsvarar ungefär $2 U/m^3$ (Elfman et al. 2008). För luftprover, utomhus, användes även en amplifierad metod för ELISA, vilket ger 10 gånger högre känslighet och därigenom en detektionsgräns på $0,2 U/m^3$ (A-S Karlsson et al., inskickad, Alanko et al., 2008, <http://www.amm uppsala.se/>).

Provtagning av lukt

Luktspridning från stall är inte lätt att studera. För att göra en uppskattning av detta fenomen har två sorters undersökningar genomförts. I det ena fallet har vi låtit slumpvis valda personer gå från ett avstånd av cirka 150m och mot stallet/gödselstacken. Avstånden till gödselhögen när hästluk och gödsellukt uppfattades för första gången noterades. Lukten kom ofta stötvis med en vindpust. Ingen person tyckte dock att det luktade illa. Ibland hände det att vinden skiftade riktning så att ingen lukt kunde kännas innan personen nådde gödselhögen. Eftersom den stora gödselhögen i Gunnebo innehöll kogödsel, med en mindre mängd hästgödsel bredvid, så upprepades studien på Nääs där det enbart fanns hästgödsel. På bägge gårdarna låg gödselstacken intill stallet.

I det andra fallet använde vi ammoniak som en proxy markör för lukt. Ammoniakhalten är hög i ett stall och kunde därför mätas med en enkel provtagningsteknik. Här användes IVLs diffusionsprovtagare (Kirchner m. fl. 1999). Halterna hästallergen och ammoniak mättes även på flera platser runt anläggningen i samband med luktstudien. Då användes batteridrivna pumpar. Ammoniakhalten mättes då med så kallade gasavskiljare (eng. denuders, Ferm, 1979). Ammoniakemissionen från gödselupplaget mättes med passiva flux provtagare. De integrerar halt, vindhastighet och cosinus för vindriktningen. På så sätt får man mängden ammoniak som passerar igenom en vertikal yta. Om vinden kommer ifrån motsatt håll samlas den ammoniaken upp i ett seriekopplat rör (Ferm m. fl., 2005). Eftersom gödselhögen låg mot en vägg på båda gårdarna kunde endast 3 stycken master användas. Här monterades fluxprovtagare endast på tre olika höjder.



Figur 2 Mätning av ammoniakemissionen från gödselhögen i Gunnebo.



Figur 3 Mätning av partiklar och meteorologi utanför hästhagen.

Spridningsmodellering

Spridningsmodellering genomfördes med den sk. ADMS-modellen avancerad gausisk modell utvecklad av CERC i Storbritannien (www.cerc.co.uk). För modelleringen krävs indata i form av tidsupplöst geografiskt allokterad emission (utsläpp) från både hästhagarna och stallet, meteorologi (kontinuerliga mätningar genomfördes vid hästhagen se Figur 2), och topografi.

3 Resultat

För emissionsberäkningarna behövdes sk. emissionsfaktorer (EF) beräknas, d v s mängden utsläpp/häst i stall och häst i hage.

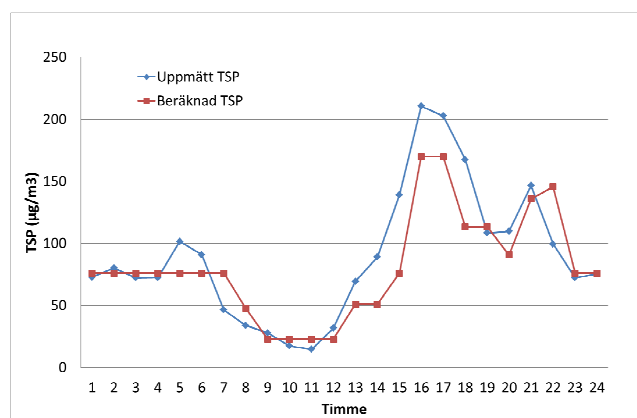
3.1 Emissionsberäkningar stall

Hästallergen

Baserat på ventilationsflödet (forcerad ventilation) och resultat från den kontinuerliga provtagningen i stallet har emissionen/häst beräknats. Mätningarna skedde främst nere i stallet och för att testa hur stor andel av allergenhalten som följde med ventilationsluften ut gjordes även några samtida mätningar i både stallet och ventilationen. Det visade sig att 77% av allergenen följde med ut i ventilationskanalen. Mätningar med den optiska partikelräknaren i kanalen gav en kvot mellan TSP och PM10 av 1,3 i kanalen. Motsvarande mätning vid provpunkten i stallet gav kvoten 2,0. Kvoten TSP och därmed allergen i kanalen i förhållande till provpunkten i stallet uppskattades därför till $1,5/2,5 \cdot 77\% = 46\%$. Emissionen från stallet har antagits variera beroende på antal hästar i stallet. Genom mätningar av TSP med tidsupplösning på mindre än 1 timme (Grimm-instrumentet) under 11 dygn har dygnsvariationen av TSP kunnat identifieras. Då en stor del av TSP kommer ifrån andra källor än hästverksamheten har tillskottet från andra källor subtraherats från den uppmätta halten inne i stallet. Heltbidraget TSP i stallet har därefter indelats i 4 grupper då olika aktiviteter (t.ex. ryktning m.m.) och antal hästar har förekommit i stallet (se Tabell 1). Baserat på detta har en generell dygnsfördelning beräknats (Figur 4).

Tabell 1. Heltbidrag av TSP i huvudstallet vid olika aktiviteter och antal hästar (n=17).

Avgränsning	Bidrag TSP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Kommentarer
Tomt stall ingen aktivitet	23	Stallets bakgrundshalt
Halvt stall ingen aktivitet	29	Dag - effekt av endast hästarna
Fullt stall ingen aktivitet	53	Natt - effekt av endast hästarna
Halvt stall kvällsaktiviteter	105	Kväll - effekt av aktiviteterna och hästar



Figur 4. Jämförelse mellan uppmätt och beräknad TSP baserad på resultat i Tabell 1.

Den generaliserade halten TSP/häst har applicerats på en typisk veckodag. Om jämförelse görs mellan beräknad (baserat på antal hästar i stallet) och uppmätt halt så är överensstämmelsen god.

Denna typ av generaliserade beräkning kan appliceras på tillfällen då det inte förekommit mätningar i stallet, om kännedom finns om hur många hästar som varit inne. Förhållandet TSP och hästallergen har också kontrollerats i en mängd prover och funnits vara relativt konstant. Dygnsfördelningen av allergen antas därför ha samma fördelning som TSP.

Ammoniak

Uppskattning av ammoniak från stallet gjordes också genom mätningar av ammoniakhalten vid ventilationstrumman multiplicerad med luftflödet. Dygnsfördelningen av ammoniak antogs också följa den för hästallergen.

3.2 Emissionsberäkningar hagar och gödselstack

Emissionsberäkning hästallergen utomhus

Av ovanstående resultat framgår att emissionen av hästallergen i stallet ökar markant då hästarna ryktas och ”pysslas om” (se kvällstid Figur 4). Det går alltså inte att applicera inomhusemissionsfaktorn rätt av för hästar utomhus. Därtill är inte luftvolymen som transporterar allergenen avgränsad varför denna typ av allergenkälla måste beräknas på annat sätt. Den metod som har använts är inverterad spridningsmodellering. Detta innebär att en emission (för alla hagar) antas, spridningsberäknas och jämförs med uppmätta halter från kampanjerna, tills dess att det blir överensstämmande. Emissionen testas sedan på ett annat tillfälle och möjligen behöver ytterligare korrigeringar ske så att ”best fit” erhålles på de ingående mätningarna. Denna metod att bestämma emission innebär fler felkällor än den för stallet, dels för att utsläppskällorna – hästarna – rör sig över en stor yta där emissionen blir ett medelvärde för hela ytan, spridningsförutsättningarna kan variera över ytan och över tiden, även om timmupplösta meteorologiska data har använts som indata vid modelleringen.

Emissionsberäkning ammoniak från gödselstack

Med ovan nämnda mätmetod har emissionen ammoniak kunnat uppskattas. Eftersom gödselstacken låg mot en vägg på båda gårdarna (Gunnebo och Nääs) kunde endast 3 stycken master användas. Här monterades fluxprovtagare endast på tre olika höjder. Emissionen beräknades ur formeln:

$$E = \sum_{m=1}^3 \sum_{n=1}^3 W \cdot \Delta h_n \cdot (Q_{G,n} - Q_{O,n}) \cdot \Delta t \quad [1]$$

E = NH₃ emissionen i g;

m = 1, 2, 3 – tre olika master;

n = 1-3 – tre olika höjder över marken;

W – avstånd mellan masterna, i m;

Δh_n = höjd interval som fluxprovtagaren representerar, i m;

Q_G = NH₃ flux från gödselhögen, i g NH₃·m⁻²·h⁻¹;

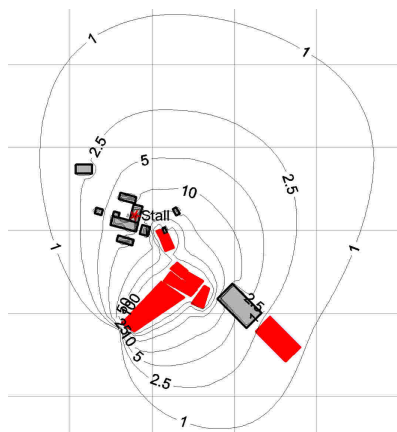
Q_O = NH₃ flux från omgivningen, i g NH₃·m⁻²·h⁻¹;

Δt = provtagningstiden, i h

3.3 Spridningsberäkning hästallergen och ammoniak

Baserat på beräknade emissioner har spridningen av hästallergen och ammoniak från stall och hagar spridningsberäknats. Det framgår av beräkningarna att den absolut största andelen av allergen utomhus kommer från hagarna. Andelen från stallet varierade mellan 1,5% till 0,1 %

av den totala halten, beroende på punkt. Orsaken antas vara att spridningen från ventilationsutblåset är relativt effektiv då det sker i taknivå.



Figur 5 Spridning av hästallergen 2009-05-19. De röda rutorna är hagarna och de grå är hus. Rutnätet i figuren är 100x100 m. Halten hästallergen anges i U/m^3 .



Figur 6 Detaljerad bild av spridningen av hästallergen (2009-05-19). Även här är rutnätet 100x100 m.

Tabell 2. Halten hästallergen i olika mätpunkter (2009-05-19)

<i>Provplats</i>	<i>Hästallergen (U/m^3)</i>
1	3.4
2	103.5
3	74.8
4	140.0
5	73.5
6	8.9
7	5.4

Det framgår av Figur 5 och Figur 6 och Tabell 2 att det var god överensstämmelse mellan uppmätta och beräknade allergenhalter. Det framgår även att det var en kraftig gradient från hagarna där halten halverades på bara några meter. Detta medför att lokaliseringen av mätpunkterna är mycket känslig för hur väl de beräknade halterna överensstämmer med

uppmätta. Vid tester mot oberoende mätdata erhöles en överensstämmelse på 35% . Vid ca 100 m från hagarna, beroende på tillfälle och riktning, låg halten hästallergen $<1\text{U}/\text{m}^3$ (se Figur 6), vilket stämmer med tidigare erhållna resultat (Elfman et al., 2008).

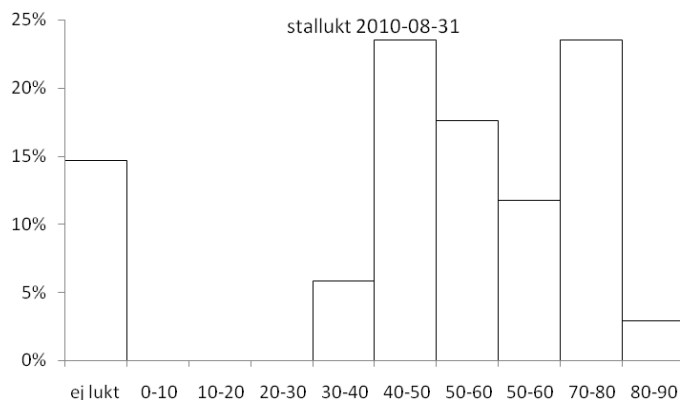
I Figur 7 ses spridningsberäkning NH_3 för 2010-08-31.



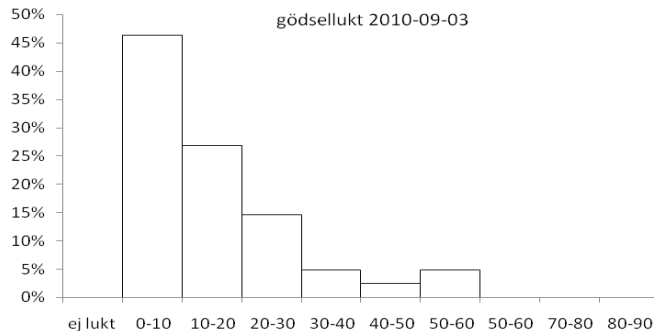
Figur 7. Spridning av ammoniak ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 2010-08-31.

3.3 Luktstudie

Försöksledaren som gick med personerna upplevde inte att folk hade mycket olika känslighet för lukt utan att det var vindförhållandena som avgjorde när det kom en vindpust med doft. Det var fint väder alla tre försöksdagarna. Exempel på resultat för stalllukt på Gunnebo redovisas i Figur 8 och resultaten för gödsellukt från gården i Nääs visas i Figur 9.



Figur 8 Andel personer som känt hästlukt som funktion av avstånd till gödselhögen i Gunnebo 2010-08-31. Antal personer som kände hästlukt var 34.



Figur 9 Andel personer som känt gödsellukt som funktion av avstånd till gödselhögen i Nääs 2010-09-03. Antal personer som kände gödsellukt var 41.

Sammanfattningsvis från de tre dagarna som vi genomförde luktstudierna, kan vi säga att ca 10% av personerna kände gödsellukt redan vid 60m medan huvuddelen 80-90% från 60m eller kortare avstånd från gödselstacken. Stalllukt eller lukt av häst spreds lite längre där 30% av personerna kände denna lukt på 90-60m och 65% på 65m eller kortare avstånd från stall och gödselstack.

4 Diskussion och slutsatser

Med denna studie har vi tagit fram verktyg och metodik som kan användas generellt för beräkning av spridning av hästallergen från stall. Genom att använda matematiska modeller för spridningsmodellering med i detta projekt framtagna emissionsfaktorer för häst är det möjligt att förutom analys av rådande förhållanden, även beräkna framtida förändringar av verksamheter. Man kan även beräkna effekter av reducerande åtgärder eller identifiera vilken källa i stallområdet, som orsakar de högsta bidragen av hästallergen. Metodiken kan användas för att ge vägledning åt Miljökontoren på Kommunerna i landet så att de kan göra adekvata bedömningar av spridning av hästallergen och i viss mån även lukt kring olika typer av hästanläggningar i relation till nybyggnationer, och med hänsyn till rådande topografi och meteorologi i området.

Mätnoggrannheten för NH_3 och partiklar i stallet och vid containern är ca $\pm 10\%$ och för NH_3 vid gödselstacken ca 25%.

Tillförlitligheten i spridningsberäkningarna har utretts genom att validera beräknade mot oberoende uppmätta halter vid flera punkter runt stall och hagar. Det visade sig då att spridnings-beräkningarnas noggrannhet var ca $\pm 35\%$, vilket anses vara en bra överensstämmelse då det är korta tidsmedelvärden som jämförs. Största orsaken till osäkerheterna är sannolikt återskapandet av emissionerna från hästarna i hagen dels geografiskt dels tidsupplösningen, då flocken ofta rör sig samstämmigt över ytan. Detta skulle i vissa fall kunna resultera i att den faktiska emissionen ibland kan ha varit exceptionell vid vissa av mätpunkterna, om flocken var nära densamma under längre tid och vinden samtidigt har varit riktad mot mätplatsen. Detta är svårt att återskapa i modelleringen. Trots detta är överensstämmelsen god varför denna metod med gott resultat borde gå att applicera på andra platser.

För hästallergen har det här visat primärt vara haltbidraget från hagarna som ger absolut största påverkan på omgivningarna, mellan 10-100 ggr högre än bidraget från stallet. Detta skulle

dock kunna se annorlunda ut om stallet inte har forcerad ventilation då stallemissionerna släpps ut i taknivå. Sker istället ventilationen via dörrar och fönster skulle påverkan nära stallet sannolikt bli högre.

Publikationer

Deltagande i konferenser

Lena Elfman, Marie Haeger Eugensson, Greta Smedje. Spridning av hästallergen runt Åbytravet beräknat med spridningsmodeller. Allergistämman 2006.

Lena Elfman, Marie Haeger Eugensson, Greta Smedje. The spread of horse allergen around a race course for trotting horses, calculated by using a 3-D dispersion model. European Academy of Allergy and Clinical Immunology, Göteborg, 2007.

Projektgruppens medlemmar har före och under projektets gång genomfört utredningar om spridning av hästallergen från hästanläggningar till närliggande planerad ny bebyggelse, där vi använt spridningsmodulering för beräkningarna. Dessa studier har vi genomfört som uppdrag till kommunerna. Utredningarna finns dokumenterade i följande tre publikationer: *Marie Haeger Eugensson, Lena Elfman.* Spridning av hästallergen vid Åbytravet, Göteborg. 2006. www.ivl.se.

Marie Haeger Eugensson, Lena Elfman. Spridning av hästallergen vid Mickedala hästsportanläggning, Halmstad. 2008. www.ivl.se

Marie Haeger Eugensson, Lena Elfman, Kjell Peterson. Spridning av hästallergen vid Vargbacken –Sundsvall. 2011. www.ivl.se.

Vi planerar att publicera en artikel i en vetenskaplig tidskrift med data från detta projekt.

Övrig resultatförmedling till näringen

Lena Elfman har deltagit vid följande möten och hållit föredrag för att informera om vår forskning kring spridning av hästallergen i samhället och vilka verktyg vi kan erbjuda för att hjälpa till vid tex planläggning och bygglovgivning samt i tillsyns- och anmälningsärenden i kommunerna.

09-12-11 Arbets- och miljömedicin i Göteborg – Hästhållning och allergenspridning

10-06-02 Hästnäringens Nationella Stiftelse, Hästforskning – Hästen i samhällsplaneringen

10-08-22 Ridsportens dag i Uppsala – Hästhållning och allergenspridning

11-04-27 Hästforskarträff SLU – Hästhållning och allergenspridning

Information om projektet finns på Arbets- och miljömedicins hemsida: www.amm uppsala.se

10-09-30 presenterade Marie Haeger-Eugensson denna studie på IVL årliga URBAN-seminarium där kommuner länsstyrelser och luftvårdsförbund medverkar.

Information har även gjorts via IVLs nyhetsblad och genom press release vid projektets uppstart.