

# Detektering av mögelskada genom mätning av mögelenzym

Slutrapport från SBUF forskningsprojekt 11875  
13 februari 2008

Ragnar Rylander<sup>1</sup>

Thomas Hulander<sup>2</sup>

Morten Reeslev<sup>3</sup>

- 
1. BioFact Environmental Health Research Center  
e-post [envhealth@biofact.se](mailto:envhealth@biofact.se) [www.biofact.se](http://www.biofact.se)
  2. Fuktskadeteknik AB, Frillesås, Sweden  
e-post [fuktkadeteknik@telia.com](mailto:fuktkadeteknik@telia.com)
  3. Mycometer ApS, Köpenhamn, Danmark  
e-post [mreeslev@mycometer.dk](mailto:mreeslev@mycometer.dk)

## Bakgrund

Föreliggande rapport redovisar resultaten från forskningsprogrammet ”Detektering av mögel i byggnader” som finansierats av projektmedel från Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond (projekt 11875). Kyösti Tuutti, Skanska, har varit projektsamordnare och projektledare har varit Ragnar Rylander, BioFact Environmental Health Research Center, tillsammans med Morten Reeslev, Mycometer ApS och Thomas Hulander, Fuktskadeteknik AB.

Projektet och rapporten har granskats av en projektgrupp bestående av Sofie Absér, Jonas Gräslund och Maria Nordberg, Skanska samt Ingemar Samuelson, SP, Borås, Bo Lindholm NVS, Lars Wadson, Lunds tekniska högskola och Susanne Svegerud, NCC.

### Slutsats och rekommendationer

Resultaten visar att den utprovade metoden att mäta mängden mögelenzym kan användas för att påvisa mögelskada i byggnader.

\* Om mängden luftburet mögelenzym överstiger 500 MEU/m<sup>3</sup> finns med stor sannolikhet en mögelskada samt risk för uppkomst av symptom.

\* Om mängden luftburet mögelenzym ligger mellan 400 och 500 MEU/m<sup>3</sup> kan det finnas en mögelskada och vidare undersökningar bör utföras.

Även om värden under 400 MEU/m<sup>3</sup> uppmäts, utesluter inte detta att mögelskada kan förekomma i byggnadskonstruktionen men någon exponering inomhus förekommer inte.

Metoden kan användas för att snabbt få information om förhöjda mängder mögelenzym finns i byggnader med misstänkt mögelskada eller där symptom relaterade till vistelse i byggnaden rapporterats.

## 1 Inledning

Mögelväxt är ett vanligt problem i byggnader [1] och det finns en omfattande vetenskaplig dokumentation som visar att detta kan ge upphov till olika typer av hälsoproblem [2, 3]. De besvär som kan uppkomma är inflammation i luftvägarna, påverkan på immunsystemet och ökad risk för allergisk sensibilisering, både mot mögel och mot andra allergener. Vid hög exponering kan allvarliga lungförändringar samt allmänpåverkan förekomma. Metoder för att bestämma exponering för mögel är därför viktiga för såväl fastighetsägare, byggtreprenörer som brukare av byggnader.

Förekomst av mögel i byggnader kan undersökas genom besiktning (skadeutredning). Om synligt mögel inte förekommer, kan exponering för mögel förekomma från mögelskador som är dolda i byggnadskonstruktionen. En vanlig metod att påvisa mögelförekomst inomhus är att mäta mängden luftburna mikroorganismer i luft- eller ytprover med mikroskopi och/eller odling för bestämning av antal och arter av mögelceller. Man kan också bestämma beståndsdelar i mögelcellernas väggar, t ex ergosterol och beta-glukan som indikatorer på mögelförekomst [3].

Dessa analyser kräver att proverna skickas till speciallaboratorium och de är tidskrävande att utföra.

Under de senaste åren har metoder för att analysera specifika enzym som finns på mögelceller utvecklats. Mängden enzym kan användas som indikator på antalet mögelceller [4-9]. Analys av mögelenzym kräver inte sterilitet, är snabb och kan göras på plats.

## 2 Målsättning

*Målsättningen med projektet var att undersöka om bestämning av luftburet mögelenzym inomhus är en användbar metod för att påvisa förekomst av mögelskada i byggnader.*

## 3 Metoder

### 3.1 Apparatur

Apparaten för insamling av luftprover är luftpump med en cylinder kopplad till en behållare med 10 ml sterilt vatten (OMNI 3000, Sceptor industries, MO, USA). (se Bild 1).

**Bild 1. Luftprovtagare OMNI**

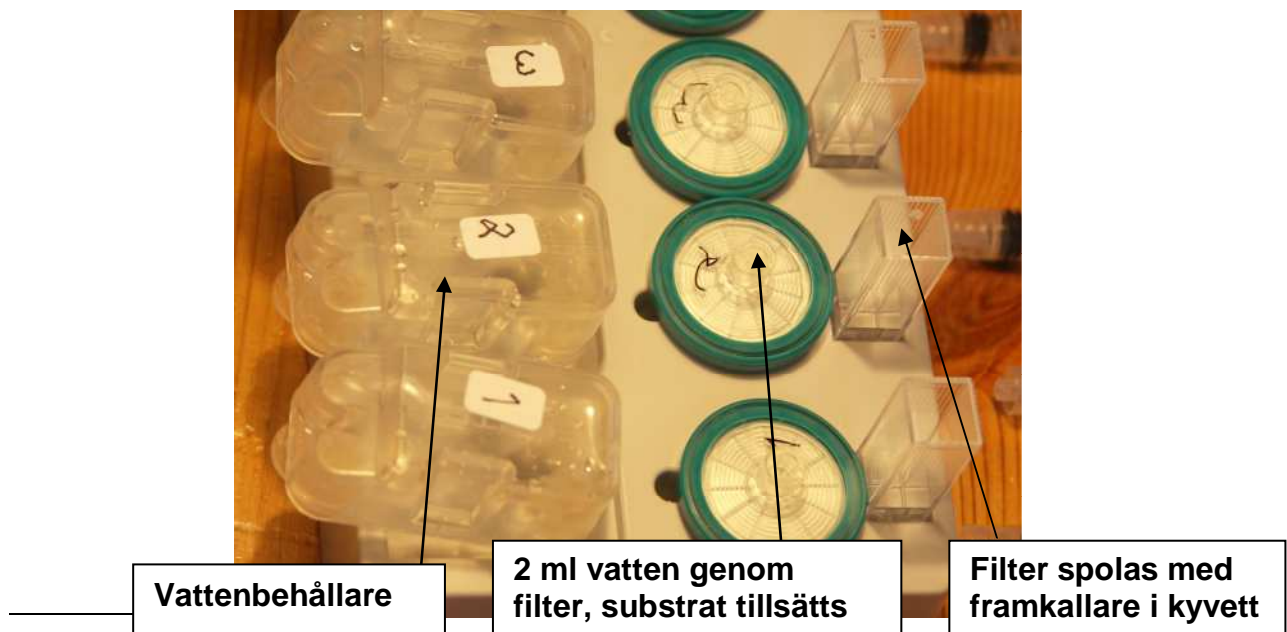


Vid provtagningen sugts vattnet upp i cylindern och bringas att rotera som en tunn film på väggen. En luftström sugs igenom en slits belägen 20 cm ovanför apparatens botten och passerar genom vattnet, varvid luftburna partiklar fastnar. Vid provtidens slut (10 minuter) sugts vattnet tillbaka i behållaren. Luftströmmen är 300 L/min vilket ger en sammanlagd provtagningsvolym på 3 m<sup>3</sup>.

### 3.2 *Analys av mögelenzym*

För analys av mögelenzymet N-acetylhexosaminidas (NAHA) filtreras 2 ml av vattnet genom ett filter (Millipore, Mitex.GP, 0,22 µm) och ett enzymsubstrat (Mycometer) tillsättes (se Bild 2). Efter en framkallningstid som bestäms av temperaturen, i regel ca 70 minuter, spolas filtren med en framkallningsvätska som insamlas i en kyvett. Fluorescensen hos vätskan i kyvetten avläses med en Picofluor fluorometer (Turner Designs, Sunnyvale, CA, USA) och anges som MögelEnzym i enheter/Units (MEU) samt omräknas till MEU/m<sup>3</sup>.

**Bild 2 Analys av mögelenzym**



### 3.3 *Undersökningsobjekt*

I projektet undersöktes huvudsakligen småhus. Två mätningar gjordes i hyresfastigheter. Sammanlagt gjordes 174 mätningar i 86 byggnader. Dessa omfattade olika kategorier som redovisas i Tabell 1.

**Tabell 1. Kategorier av byggnader som ingått i projektet**

<i>Byggnadskategori</i>	<i>antal</i>
Nyproducerade byggnader innan inflyttning	19
Byggnader utan kända problem rekryterade för kostnadsfri undersökning (annonshus)	37
Skadeutredningsobjekt	15
Byggnader med känd mögelskada	15

### 3.4 Provtagning

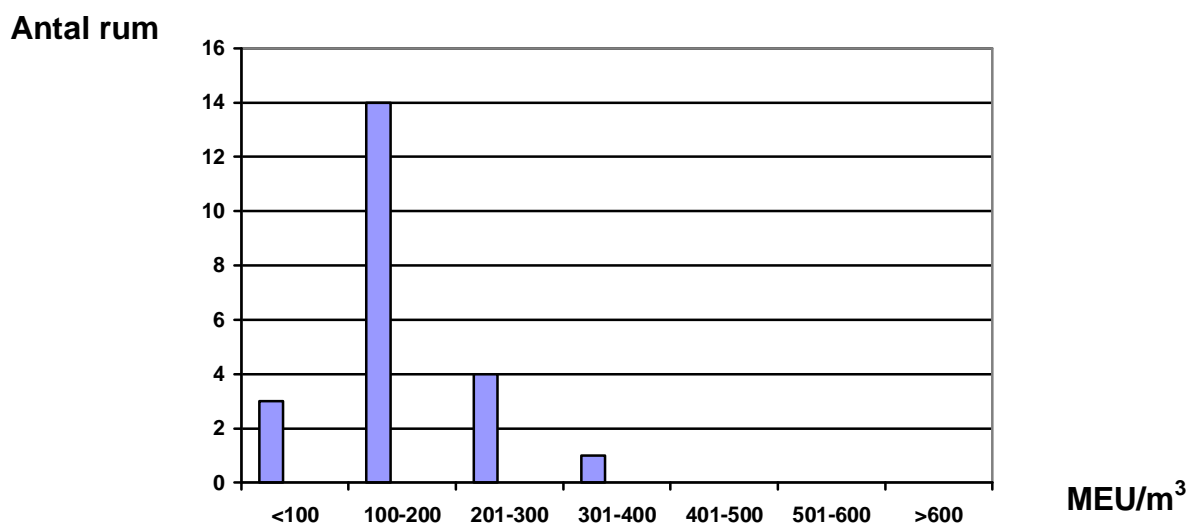
Luftprover togs i regel i två olika rum i den undersökta byggnaden men i vissa fall i flera rum, huvudsakligen beroende på rummets belägenhet i byggnaden eller förekomst av mögellukt. OMNI-apparaten placerades på golvet. Alla fönster var stängda sedan föregående kväll och ev mekanisk ventilation var avstängd. I samband med uppsättning, kontroll och avslutning av mätningen förekom viss rörelse i rummet men ingen annan aktivitet som kunde förorsaka uppvirvling av golvdamm förekom, förutom de luftrörelser som förorsakades av frånluften från OMNI-apparaten.

## 4. Resultat

### 4.1 Nyproducerade byggnader

I nyproducerade byggnader gjordes mätningar i 22 rum. Resultaten visade att mängden mögelenzym varierade mellan 77 och 306 MEU/m<sup>3</sup> med ett medianvärde på 135.

Figur 1 visar fördelningen av mängden mögelenzym i olika rum i nyproducerade byggnader.



**Figur 1. Fördelningen av mängden mögelenzym i olika rum i nyproducerade byggnader.**

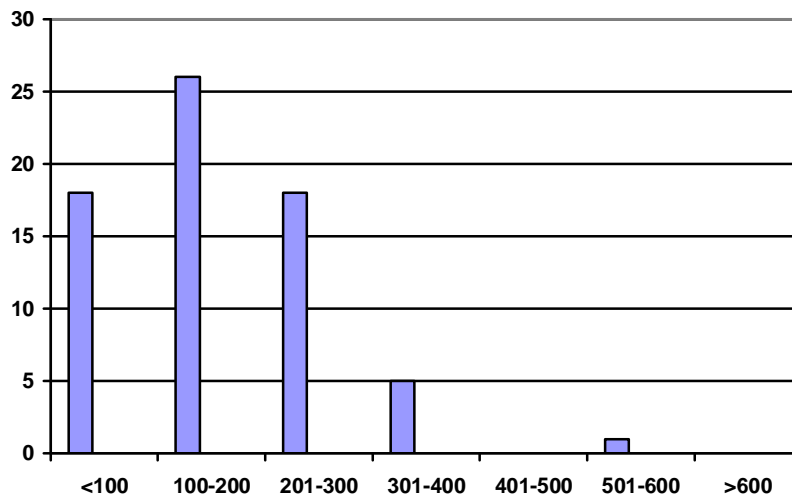
Det framgår att merparten av värdena låg inom området 100-200 MEU/m<sup>3</sup>. Inga värden överstigande 400 MEU/m<sup>3</sup> uppmättes.

### 4.2 Byggnader utan mögelskada

I byggnader erhållna via annons gjordes mätningar i 74 rum. Mögelenzymvärdet varierade mellan 27 och 581 MEU/m<sup>3</sup>. Värden överstigande 500 MEU/m<sup>3</sup> uppmättes i två byggnader och värden mellan 400 och 500 i tre byggnader. En besiktning gjordes av byggnaderna med värden överstigande 500 MEU/m<sup>3</sup>. Det befanns att en av byggnaderna hade välkända mögelskador och att svaret på annonsen om hus utan problem sålunda var felaktigt. Denna byggnad överfördes till kategorin byggnader med kända mögelskador. I den andra byggnaden med värde över 500 MEU/m<sup>3</sup> kunde inga tecken på mögelskada påvisas och en förnyad mätning visade ett värde

understigande  $400 \text{ MEU/m}^3$ . För likformigheten behölls byggnaden i kategorin utan mögelskada. Besiktning gjordes också i en av de tre byggnaderna med värden mellan 400 och  $500 \text{ MEU/m}^3$ . Utbredda mögelskador konstaterades i denna byggnad som överfördes till kategorin med kända mögelskador. För de två övriga byggnaderna avböjdes besiktning och på grund av osäkerheten i klassificering uteslöts de från materialet. Figur 2 visar fördelningen av mängden mögelenzym i olika rum i byggnader utan mögelskada.

#### Antal rum



Figur 2. Fördelningen av mängden mögelenzym i byggnader utan mögelskada

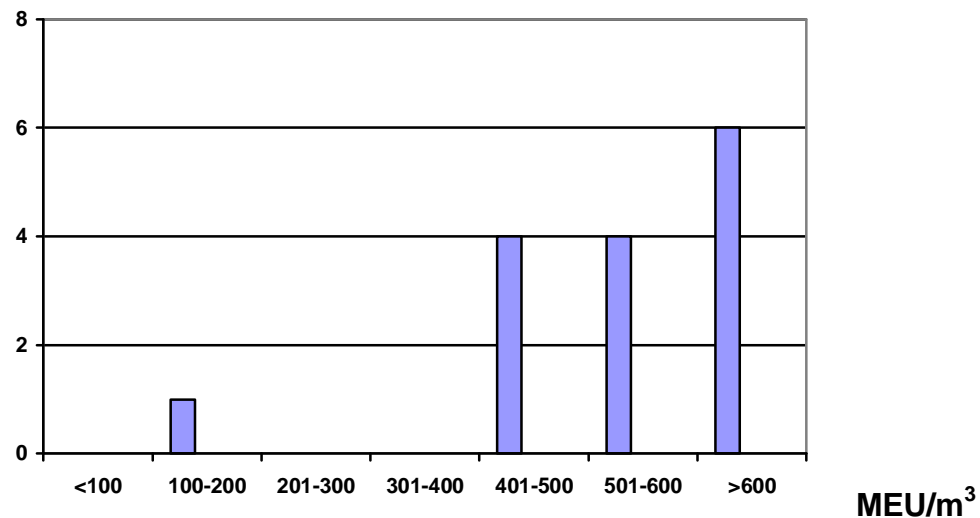
MEU/m<sup>3</sup>

Figuren visar att alla rum utom ett hade värden understigande  $400 \text{ MEU/m}^3$ .

### 4.3 Byggnader med mögelskada

Byggnaderna i denna grupp identifierades under undersökningens gång genom personliga kontakter. I denna grupp ingår också de annonssvar där mögelskada konstaterats. Skadorna var av olika slag såsom mögelväxt i grunden, läckande vattenrör och läckande tak. Mängden mögelenzym varierade mellan 109 och  $944 \text{ MEU/m}^3$  med ett medianvärde på 446. I de flesta fallen förekom höga värden i ett rum som låg i närheten av mögelskadan medan lägre värden uppmättes i rum belägna längre bort. Detta gör att en redovisning av det högsta uppmätta värdet i byggnaden är mest relevant ur skadeidentifieringssynvinkel. Fördelningen av de högsta uppmätta värdena i varje byggnad illustreras i figur 4.

## Antal byggnader



**Figur 4. Högsta mängd mögelenzym i byggnader med mögelskada**

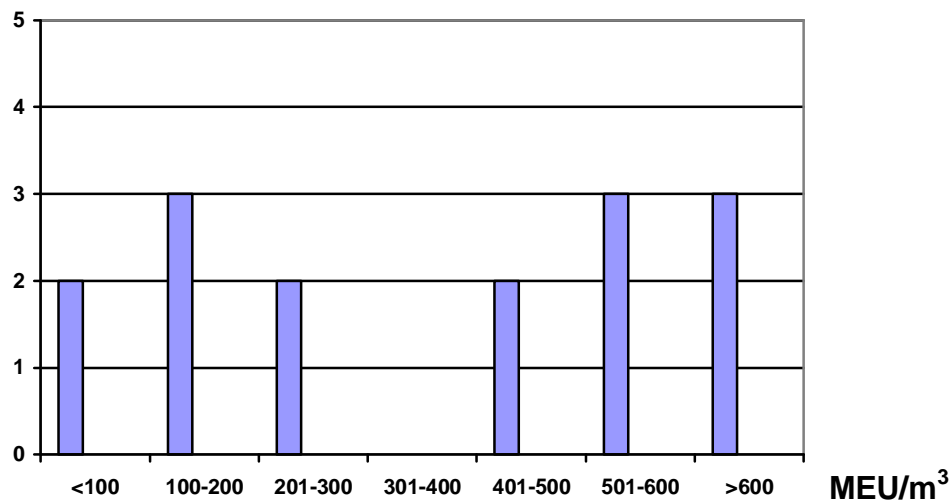
Figuren visar att 14 byggnader av de undersökta 15 hade värden överstigande 400 MEU/m<sup>3</sup>. Byggnaden med ett lågt värde besiktigades varvid utbredda mögelskador konstaterades. De boende uppgav att mögellukt uppkom i samband med väderomslag och var intensivast på höst och vinter. Mätningen av mögelenzym hade utförts på sommaren och ingen lukt kändes då men vid besiktningstillfället på vintern fanns en tydlig mögellukt.

### 4.4 Skadeutredningsobjekt

I denna grupp av byggnader hade fastighetsägaren anmält misstanke om mögelskador, oftast på grund av lukt inomhus, varefter skadeutredning utförts. Samtliga byggnader i denna grupp befanns ha varierande omfattning av dolda mögelskador i byggnadskonstruktionen. De skadade konstruktionerna utgjordes av krypgrunder, uppreglade golv och syllar på fuktiga betongplattor. I utredningsobjekten gjordes 35 mätningar som visade värden på mögelenzym mellan 43 och 1017 MEU/m<sup>3</sup> och ett medianvärde på 256.

Också för denna typ av byggnader redovisas de högsta uppmätta värdet i varje byggnad. Dessa värden illustreras i figur 5.

## Antal byggnader



**Figur 5. Högsta mängd mögelenzym i rum i byggnader anmälda och utredda som skadeobjekt**

Figuren visar att 8 av byggnaderna hade ett högsta mögelenzymvärde överstigande 400 MEU/m<sup>3</sup>. I 7 byggnader uppmättes lägre värden, motsvarande dem som uppmättes i hus utan problem.

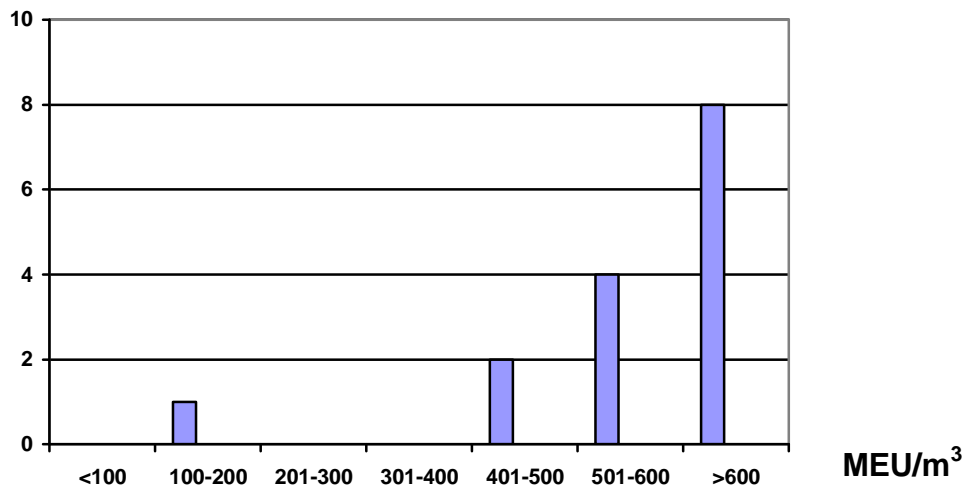
### 4.5 Byggnader där besvär angivits

I samtliga byggnader som undersöktes tillfrågades de boende om förekomst av bostadsrelaterade besvär innan mätningen företogs. Besvär rapporterades från en eller flera boende och de bestod av irritation i ögon, näsa eller luftvägar, tunghet att andas, klåda, uttalad trötthet och ofta förkylning. Besvären överensstämmer med dem som tidigare rapporterats från byggnader med mögelproblem och förorsakas troligen av en ospecifik inflammation utlöst av något ämne i mögelcellerna [2].

Figur 6 illustrerar den högst uppmätta mängden mögelenzym i byggnader där besvär angivits.



## Antal byggnader



Figur 6. Högsta mängd mögelenzym i byggnader där besvär angivits

Figuren visar att mängden mögelenzym översteg 400 MEU/m<sup>3</sup> i 14 av de 15 byggnaderna där besvär angivits.

### 4.6 Mätningar i utomhusluft

Luften i ett rum i en byggnad utan luftkonditionering eller mekanisk ventilation byts i regel ut 0,1 – 0,5 gånger/timme på grund av konvektion av luft genom springor, ventilationskanaler och otätheter runt fönster etc. För projektet var det därför av intresse att utreda i vilken mån uppmätta värden av luftburet mögelenzym inomhus speglade värdet utomhus vid samma mättillfälle. Resultaten redovisas i Tabell 2.

Tabell 2. Luftburet mögelenzym (MEU/m<sup>3</sup>) utomhus samt i olika rum inomhus vid samma mättillfälle.

Utomhus	rum 1	rum 2	rum 3	rum 4
90	581	224	88	145
267	207	177	104	90
130	852	175	42	.
790	279	192	3048	1451
139	548	321	488	180
600	297	170	369	281
165	1017	488	229	.
100	380	453	195	140
92	287	240	299	107
197	491	344	159	170
222	636	446	633	.
210	593	344	259	200

Det framgår av tabellen att höga enzymvärden kunde påvisas inomhus trots att värdet utomhus var lågt och vice versa. Slutsatsen från dessa mätningar var att om ett högt värde på mögelenzym uppmäts inomhus, beror detta på en mögelkälla inomhus och inte på mängden mögelenzym i utomhusluften.

## 5            **Kommentarer**

### 5.1           *Metoder*

I projektet har mätning av aktiviteten av mögelenzymet N-acetyl- $\beta$ -D-hexosaminidase (NAHA) använts som ett mått på mängden (biomassan) mögel. Det är tidigare visat att det finns ett samband mellan NAHA och mängden mögelcellsmassa i olika miljöer t ex på gipsplattor, i luft eller i jorden [4,5,8,9]. Enzymet har viktiga funktioner som påverkar mögelcellernas växt och delning. En undersökning av 50 slumpmässigt utvalda mögelarter, som är relevanta i samband med byggnadsskador, visade att alla hade aktivitet från detta enzym [Reeslev, M. & M. Miller, manuskript].

Enzymet är bundet till cellerna och finns i mellanrummet mellan cellmembran och cellvägg. NAHA finns både i myceliet och i sporererna och kan finnas både i döda och levande mögelceller. Aktiviteten avtar dock med tiden och man kan förvänta lägre värden i en gammal mögelskada i en byggnad jämfört med en färsk skada med aktiv växt. Eftersom enzymet kan finnas också i döda mögelceller, finns det inte något nära samband mellan mängden mögelenzym och antalet levande mögelceller. De ämnen i mögelceller som framkallar besvär hos exponerade personer, t ex beta-glukan och kitin, bibehåller sin aktivitet även då mögelcellen är död, varför bestämning av mängden mögelcellsmassa är av större relevans för riskbedömning än bestämning av antalet levande mögelceller.

Det värde för mängden mögelenzym som mäts vid analysen i form av fluorescens är resultatet av en reaktion mellan mögelenzym och reagens. Värdet är beroende av inkubationstid, mängden enzymsubstrat och temperaturen. Detta gör att de här angivna värdena på enzymmängden kan vara annorlunda om andra metoder t ex uppsamling på filter används. Den relativa skillnaden mellan byggnader med och utan mögelförekomst kommer dock alltid att finnas, även om mängden, uttryckt som enheter mögelenzym, blir annorlunda.

### 5.2           **Resultat**

Resultaten visade att det i byggnader med värden på mögelenzym överstigande 500 MEU/m<sup>3</sup> i så gott som samtliga fall fanns mögelskada eller rapporterade symptom. I några fall gällde detta också för värden överstigande 400 MEU/m<sup>3</sup>. Detta visar att metoden är praktiskt användbar för att identifiera byggnader med mögelskador.

I några av skadeutredningsobjekten med redan kända mögelskador kunde höga värden inte påvisas. Exponeringsförhållandena i dessa byggnader kan ha påverkats av den pågående utredningen. I vissa av byggnaderna var också åtgärder delvis vidtagna, vilket kan ha påverkat mängden luftburet mögelenzym. Det är också möjligt att en mögelskada i byggnadskonstruktionen finns på en plats varifrån mögelceller inte överförs till det rum där mätning utförts.

I en byggnad uppmättes höga värden mögelenzym utan att någon skada kunde påvisas. Förnyad mätning visade normala värden. Detta kan bero på att en hög mängd mögelceller i en större partikel råkar insamlas vid ett mättillfälle. Observationer från undersökningen tyder på att detta fenomen, som inte var vanligt, skulle kunna bero på städningsgrad eller på byggnadsverksamhet.

Resultaten visade att mängderna mögelenzym utomhus inte samvarierade med mängden inomhus under de betingelser som rådde under mätningarna. Höga värden uppmätta inomhus är därför inte förorsakade av höga värden utomhus.

Sammanfattningsvis visar undersökningen att i de byggnader där mögelskada förekom översteg värdet på luftburet mögelenzym 500 MEU/m<sup>3</sup>. I skadeobjekt under utredning var värdet högre än 500 MEU/m<sup>3</sup> i hälften av de undersökta byggnaderna. Metodens praktiska betydelse är att i de byggnader där höga värden mögelenzym påvisas är sannolikheten hög för mögelskada och/eller symptom. Metoden kan användas för att snabbt få information om förhöjda mängder mögelenzym finns i byggnader med misstänkt mögelskada eller där symptom relaterade till vistelse i byggnaden rapporterats.

I projektet har luftprovtagningen skett med en tekniskt avancerad apparatur som är dyrbar. Vidare utvecklingsarbete bör inriktas på att ta luftprover med standardfilter vilket skulle göra metoden tillgänglig för alla som arbetar med utredning av mögelskador. Resultaten från preliminära försök med provtagning och analys av mögelenzym direkt på filter är positiva. En forskningsansökan rörande den vidare utvecklingen av denna teknik är under utarbetande.

## 6 Tack

Projektledarna vill framföra sitt tack till alla de som ställde sina bostäder till förfogande för en eller flera mätningar och teknisk besiktning samt till Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond som ställt medel till förfogande för projektet och till projektgruppen för många viktiga synpunkter.

## 7 Referenser

1. Singh J (ed). Building mycology. E&FN Spon, London, UK, 1994 pp 1-324.
2. Strauss DC (ed). Sick building syndrome. *Advances in applied microbiology* 2004; 55:1-474.
3. Rylander R. (1→3)-β-D-glucan in the environment: a risk assessment. *in* Young H and Castranova V (eds) *Toxicology of (1→3)-β-D-glucans*. Taylor and Francis Boca Raton 2005, pp 53-64.
4. Reeslev M, Miller M, Nielsen KF. Quantifying mold biomass on gypsum board: comparison of ergosterol and beta-N-acetylhexosaminidase as mold biomass parameters. *Appl Env Microbiol* 2003; 69:3996-3998.
5. Madsen AM. NAGase activity in airborne biomass dust and relationship between NAGase concentration and fungal spores. *Aerobiologica* 2003;19:97-105.
6. Reeslev M, Miller M, Rylander R. Risk assessment in flooding using bacterial enzyme. *Appl Env Microbiol* 2008 (manuscript).
7. Rylander R, Foden B, Ewaldsson B, Reeslev M. Time related microbial contamination of animal cage beddings. *Scand J Lab Anim Science* 2008 (submitted)
8. Miller M, Palojarvi A, Rangger A, Reeslev M, Kjoller A. The use of fluorogenic substrates to measure fungal presence and activity in soil. *Appl. Environ. Microbiol* 1998; 64:613-617.
9. Lignell U, Meklin T, Putus T *et al*. Microbial exposure, symptoms and inflammatory mediators in nasal lavage fluid of kitchen and clerical personnel in schools. *Int J Occ Med Env Health* 2005; 18:139-150.