

Integreret bekæmpelse – principper og definitioner

Integrated control – principles and definitions

Peter Esbjerg

Resumé

I 1954 formulerede amerikanerne *R. F. Smith* og *W. W. Allen* begrebet »Integrated Pest Management«. Den samtidige omtale af »Pest Management Systems« understregede helhedsideen og tanken om at håndtere skadegørere i stedet for at udrydde dem. I Europa talte man om »Integrated Control«; men denne divergens blev klaret på et FAO-symposium i 1965, da *R. F. Smith* gav flg. definition: Integrated pest control is a pest population management system that utilizes all suitable techniques in a compatible manner to reduce pest populations and maintain them at levels below those causing economic injury.

Betydningen af at balancere mellem økonomiske og økologiske hensyn blev dog først trukket frem, da *Brader* i 1975 formulerede den følgende definition, der anvendes af FAO og IOBC: Integreret bekæmpelse er bekæmpelse af skadedyr og sygdomme ved brug af alle metoder, der er i overensstemmelse med økonomiske, økologiske og toksikologiske krav, idet der lægges vægt på udnyttelse af naturlig regulering og økonomiske skadetærskler.

Denne definition har også »økonomiske skadetærskler« med i sin ordlyd. Derved angives et andet meget væsentligt træk, at der er en grænse for, hvornår behandling er profitabel. En række forfattere har diskuteret forskellige tærskeldefinitioner; men kun den nu gængs anvendte i FAO og IOBC er helt klar og logisk. Den lyder: Den økonomiske skadetærskel er den bestandstæthed (antal/m²), som medfører en udbytteforringelse af samme værdi som prisen for bekæmpelse (middel + udbringning).

En af dens fordele er angivelsen af behov for at kunne bestemme tætheden af det aktuelle skadedyr og sætte denne tæthed i relation til et skadeomfang.

Der hersker nogen forvirring omkring integreret bekæmpelse. En medvirkende årsag er dels forskellen på meget simple systemer og meget komplicerede systemer, og dels at der ingen teoretisk grænse er for integrationssystemerne. Derimod er der i høj grad praktiske grænser, idet selv ret små yderligere forbedringer i et større integreret system kan koste lovlig meget i forhold til investeringen. I modsætning hertil står det fortrin til integreret bekæmpelse, der kan benævnes styret bekæmpelse. Det er kemisk bekæmpelse ud fra økonomiske skadetærskler. Dette trin er særlig vigtigt, fordi det ofte repræsenterer det overhovedet største økonomiske og økologiske fremskridt i forhold til en rutinebehandlingssituation.

Nøgleord: Integreret bekæmpelse

Summary

In 1954 the idea of Integrated Pest Management (IPM) was described by *R. F. Smith* and *W. W. Allen*. At the same time the term »Pest Management Systems« underlined the holistic idea of managing pests instead of trying to eradicate them. In Europe the term »Integrated Control« was used synonymously with IPM; but the difference was eliminated at the FAO symposium in 1965, when *R. F. Smith* defined: Integrated pest control is a pest population management system that utilizes all suitable techniques in a compatible manner to reduce pest populations and maintain them at levels below those causing economic injury.

However, the importance of a balance between economic and ecological requirements was not stressed until *Brader* in 1975 gave the definition commonly used by the FAO and the IOBC: The control of pests and diseases employing all methods consistent with economic, ecological and toxicological requirements while giving priority to natural limiting factors and economic damage thresholds.

In this definition economic damage thresholds are also mentioned, thus indicating that there are limits to the profitability even of chemical control. Several authors have discussed thresholds, but the only clearcut and logical definition is the one now used by the FAO and the IOBC: The economic damage threshold is the population density which will reduce the income of the crop with a value equivalent to the price of control (chemical plus spraying operation).

The mentioning of population densities as measure of risk is especially important.

The range of complexity in integrated pest management systems is tremendous. Theoretically there are no limits to the amount of details, but in practice some details may be too expensive to manage. Supervised control – control based on proper use of economic damage thresholds – is often misleadingly called integrated control. However, supervised control is a most important step as the economic and ecological outcome is considerable compared to control by routine treatments. Therefore, it may be reasonable to establish supervised control of many pests in many crops instead of giving too high a priority to integrated pest management in a few crops.

Key words: Integrated control.

Starten

Integreret bekæmpelse er et relativt nyt begreb i den litteratur, der når lidt videre kredse. Dog går udgangspunktet – Integrated Pest Management – så langt som ca. 30 år tilbage. Det blev formuleret af *R. F. Smith* og *W. W. Allen* (1954) i en afhandling med titlen »Insect control and balance of Nature«. Efter denne betegnelse fulgte andre som »integrated pest control« (engelsk, tildels amerikansk), »lutte intégré« (fransk) og »integrerad bekämpning« (svensk). Naturligvis dækker disse betegnelser over samme mening; men det tidlige amerikanske udtryk »integrated pest management« er langt at foretrække, fordi ordet management klart demonstrerer en ændret opfattelse af såvel skadedyrsproblemer som modforanstaltninger. – Dette kommer til udtryk hos *Geir* og

Clark (1961), der formulerede: *The idea of »managing« insect pest populations*. Management dækkes bedst af håndtering, og integreret bekæmpelse er netop et håndteringssystem – ikke en bekæmpelsesmetode. Forskellige bekæmpelsesmetoder er blot underenheder i den organisatoriske helhed, som dette håndteringssystem udgør, og det essentielle er, at der er tale om samordnet (= integreret) håndtering af skadegørere. Samordningen betyder, at der skal tages visse hensyn – økologiske – jf. *Stern et al.* (1959), der benyttede udtrykket *an approach that applied ecological principles in utilizing biological and chemical control methods against insect pests*, et tiltag, der anvendte økologiske principper ved udnyttelsen af biologiske og kemiske bekæmpelsesmetoder over for skadelige insekter.

At der var tale om at se tingene – skadegørere og bekæmpelsesmetoder – i en større helhed kom også frem i den amerikanske udtryksform: »*Pest Management Systems*« (R. F. Smith, 1966). Det var også fra amerikansk side, den første definitionsmæssige beskrivelse blev givet ved FAO's symposium: Integrated Pest Control, 1965. Som man vil bemærke sørgede definitionens ophavsmand for at bygge bro mellem »control« og »management« og indbygge »system« i definitionens ordlyd: *Integrated pest control is a pest population management system that utilizes all suitable techniques in a compatible manner to reduce pest populations and maintain them at levels below those causing economic injury.* – Hermed gøres op med de tidligere tanker om at udrydde skadelige insekter – de skal blot holdes nede!

Økologi – økonomi

Den citerede bemærkning fra *Stern* i 1959 (se det foranstående) viser, hvordan økologiske grundtanker gradvis blev indarbejdet i overvejelserne omkring insektbekæmpelse. Der skulle imidlertid gå endnu en del år med forskellige definitionsforslag, før der kom orden i tingene og Brader som generalsekretær for IOBC¹⁾ i 1975 formulerede den definition, der i dag anvendes generelt af FAO og IOBC. Den siger: *Integreret bekæmpelse er bekæmpelse af skadedyr og sygdomme ved brug af alle metoder, der er i overensstemmelse med økonomiske, økologiske og toksikologiske krav, idet der lægges vægt på udnyttelse af naturlig regulering og økonomiske skadetærskler.*

Denne meget indholdsrige definition afspejler en række væsentlige konstateringer, der danner baggrund for integreret bekæmpelse:

1. At det ikke altid kan betale sig at foretage bekæmpelse, selv om midlet er billigt.
2. At skadedyrenes naturlige fjender udgør et økonomisk anvendeligt potentielt.
3. At kemisk bekæmpelses kortsigtede gevinster i nogle tilfælde ikke kan betale de langsigtede omkostninger.

4. At biologisk bekæmpelse ikke i overskuelig fremtid kan erstatte al kemisk bekæmpelse.

Det første punkt afspejler erkendelse fra amerikanske rutinebehandlingsprogrammer af unødvendige behandlinger – dels fordi skadedyr slet ikke har været fremme, og dels fordi mængden af dem har været så ringe, at indsats mod dem blot var at sætte penge til.

Også de følgende to punkter er i høj grad influeret af erfaringer fra rutinebehandlinger. Blev skadedyrenes naturlige fjender udryddet, fik man blot endnu hyppigere masseoptræden af skadedyrene. Man erkendte altså risikoen for at miste værdien af naturlig bestandsregulering, selv om det var svært at sætte præcise tal på betydningen heraf. Dette tab er en af de mulige, langsigtede omkostninger ved kemisk behandling (jf. 2). En anden og mindst lige så alvorlig langsigtet omkostning er udviklingen af bekæmpelsesmiddelresistente insektbestande.

Tilsammen vender de tre første punkter sig mod kemisk bekæmpelse i en ukritisk og rutinepræget form. I definitionen kobles »alle metoder« sammen med »økologiske og toksikologiske krav«. Det er en klar tilkendegivelse af, at den integrerede bekæmpelses »fædre« regner det urealistisk at udelukke kemisk bekæmpelse. Deres baggrund er givet i det foranstående – se punkt 4.

I forlængelse heraf er definitionens inddragelse af »økonomiske skadetærskler« af central betydning. Hermed markeres, at ethvert bekæmpelsesmæssigt indgreb skal bygge på en behovsanalyse og en beslutningsproces. Det er præcis, hvad man har undladt ved rutinebehandling. På den diagrammatiske fremstilling af integreret bekæmpelses indhold på fig. 1 ses analysebeslutningsproces angivet med den meget store pil fra trekanten til kassen: Prognose og varsling. Trekanten angiver ved sit indhold, at der er tale om at vurdere flere påvirkninger og samspil i et system af levende organismer – altså ikke blot en afgrøde-skadedyr-fixering.

Analyse og beslutningsproces kan imidlertid kun gennemføres meningsfyldt, hvis det kan føre til angivelse af, hvor behandling er nødvendig eller unødvendig. Dertil behøves nogle grænseværdier eller tærskler.

¹⁾ International Organisation for Biological Control.

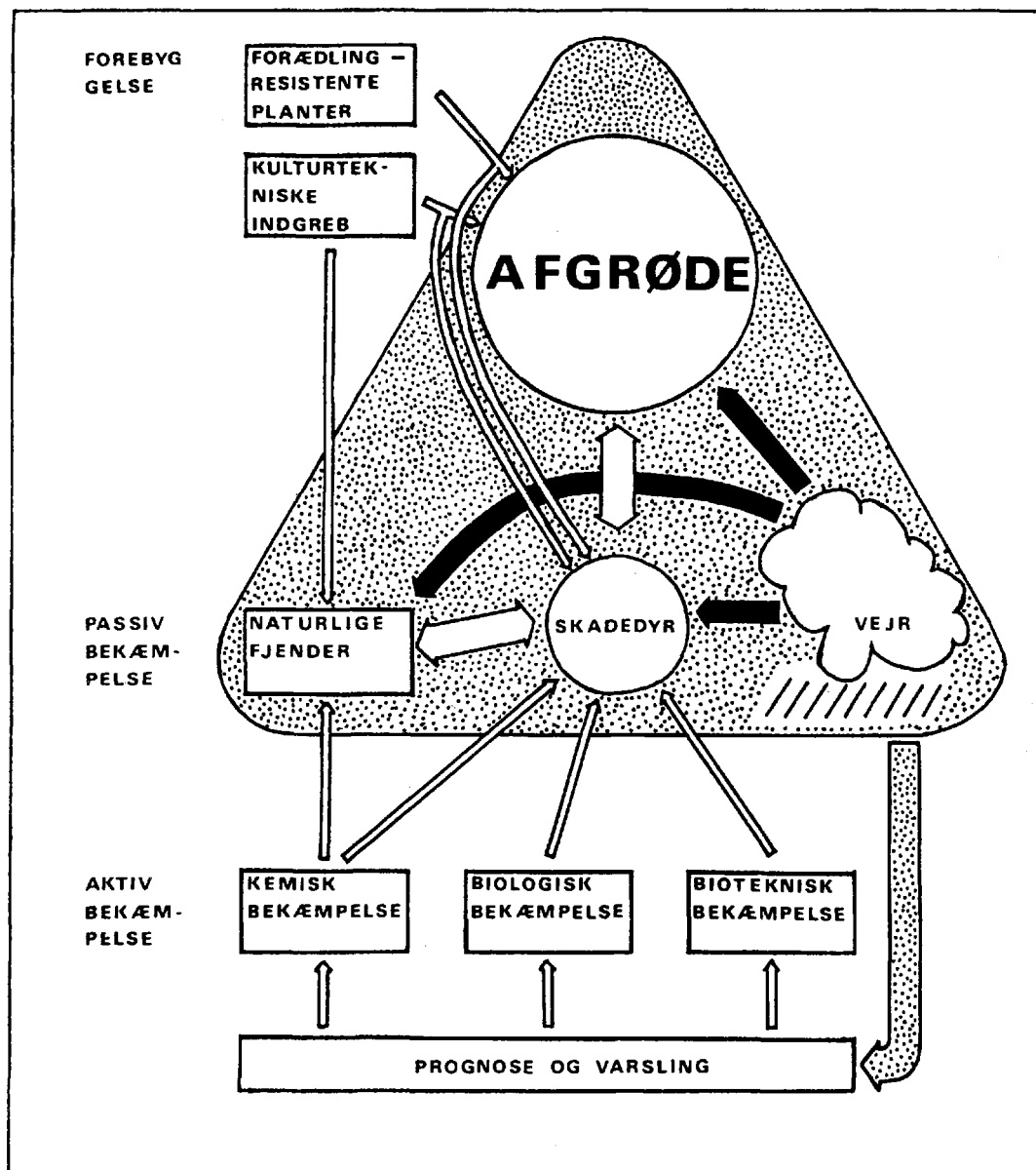


Fig. 1. Diagrammatisk fremstilling af integreret bekæmpelse.

Integrated pest management illustrated in a diagram.

Ordliste:

forebyggelse
forædling - resistente planter
kulturtekniske indgreb
passiv bekæmpelse
aktiv bekæmpelse
kemisk bekæmpelse
biologisk bekæmpelse
bioteknisk bekæmpelse
afgrøde
vejr
skadedyr
naturlige fjender
prognose og varslng

*preventive methods
plant breeding - resistant varieties
cultural practice
»passive control«
active control
chemical control
biological control
biotechnical control
crop
weather
pest
natural enemies
forecasting and warning*

Tærskler og deres grundlag

Den første anvendelse af tærskelværdier i praksis går nogle år længere tilbage end de første formuleringer omkring »Integrated Pest Management«. I 1930 angav Shotwell i U.S.A., antagelig som den første, hvordan man ved at tælle antallet af skadedyr pr. kvadratmeter kunne afgøre, om behandling burde iværksættes. I 1959 fremsatte Stern et al. den første egentlige tærskeldefinition af »The Economic Thresholds«: *Den skadedyr-tæthed, ved hvilken bekæmpelse skal foretages for at forhindre en voksende skadedyrpopulation i at nå »The Economic Injury Level«*. I tilknytning hertil defineredes »The Economic Injury Level« som: *Den laveste populationstæthed, som kan forårsage økonomisk skade*.

Disse definitioner blev diskuteret af Sylvén (1968), som foreslog »Economic Threshold« erstattet af »Control Threshold« og »Economic Injury Level« erstattet af »Critical Injury Level«. Begrundelsen for forslaget var, at de første tærskeldefinitioner var ulogiske, fordi der forekommer skadedyrb stande, som anretter økonomisk betydende skade, men ikke kan bekæmpes. Fra amerikansk side (Smith, 1969) blev de første tærskler fastholdt, da man mente, at de var mere forståelige for planteavlerne.

Begge de nævnte tærskeldefinitioner har den mangel, at yderligere forklaring er nødvendig for

at afgrænse henholdsvis »Economic Injury Level« og »Critical Injury Level«. Det blev heller ikke bedre da Davidson og Norgaard (1973) indførte nye definitioner: »Damage Threshold« = *den populationstæthed, hvor beskadigelse begynder* og »Economic Threshold« = *den tæthed, ved hvilken en given bekæmpelse iværksættes*. At beskadigelse begynder har jo ingen reel interesse, og sammenhængen mellem populationstæthed og iværksættelse af bekæmpelse skal udtrykkes meget mere præcist, hvis definitionen skal være noget værd.

Netop i kraft af logisk klarhed er følgende definition den absolut bedste: *Den økonomiske skadetærskel er den bestandstæthed (antal/m²), som medfører en udbytteforringelse af samme værdi som prisen for bekæmpelse (middel + udbringning)*. Denne tærskeldefinition, som bl.a. kan læses ud af Steiners og Baggiolinis (1968) praktiske anvisning til frugtavlere, er i dag den gængs anvendte i IOBC- og FAO-sammenhænge. Hvornår den kom på tryk første gang er vanskeligt at sige, idet den findes i mange afhandlinger. Desværre findes den jævnligt udtrykt med samme mening, men med andre ord og mindre heldigt. F.eks. C. Nilsson (1981): »Kritiska skadeträsklen« är den vinst genom bekämpning som är lika stor som bekämpningsomkostnaden. Denne uttryksmåde er uheldig, fordi populationstætheden som be-

Tabel 1. Bekæmpelsesøkonomi

A = Angrebstæthed	(f.eks. 50 × 10.000 skadedyr pr. ha)
S = Skadevirkning	(0,15 hkg udbyttetab pr. 10.000 skadedyr pr. ha)
P = Produktpris	(f.eks. 100 kr. pr. hkg)
R = Reduktionsfaktor	(f.eks. 9/10)

A Et angreb koster $A \times S \times P$ kr./ha

Bekæmpes i tide, reduceres tabet med $A \times S \times P \times R$

Med de ovenstående talværdier koster et angreb $50 \times 0,15 \times 100$ kr./ha = 750 kr./ha;

men en korrekt bekæmpelse kan mindske det med $\frac{9 \times 750}{10} = 675$ kr./ha

B Betingelsen for rentabilitet er, at bekæmpelsesprisen

X kr./ha $< A \times S \times P \times R$

Hvis $X = 100$ kr./ha og de øvrige værdier er som ovenfor, kan bekæmpelse kun betale sig,

hvis: $A \times 0,15 \times 100 \times 9/10 > 100$

C Grænseværdien er da $A = \frac{X}{S \times P \times R}$, som med de indsatte værdier giver $7,4 \times 10.000$ skadedyr/ha, hvilket er den økonomiske skadetærskel i dette tilfælde.

dømmelsesgrundlag er faldet ud, og udbytteforringelser er erstattet af gevinst. En anden klar udtryksmåde er at bruge et regneeksempel som G. A. Norton (1976) – jf. den omarbejdede opstilling i tabel 1. Indsætter man i den ligning, der udtrykker den økonomiske skadetærskel (tabel 1 C), varierende priser på afgrøden og på bekæmpelsen, får man et sæt grafer som vist på fig. 2 A og 2 B. Af disse kan direkte læses to »praktikerkonklusioner«:

- 1) Jo højere afgrødepris (pr. ha), jo flere behandlinger (skadetærsklen for knoporme er meget lavere i dyre konservesrødbeder end i kartofler) og
- 2) Jo dyrere middel, jo større tilbageholdenhed med behandling (de meget dyre ukrudtmidlers anvendelse bliver overvejet meget mere end de billige insektmidlers).

Nok så vigtigt er, at Nortons form for regneeksempel peger direkte på populationstætheden og den udbytteforringelse, der kan forventes ved forskellige populationstætheder (udtrykt som

skadevirkning i regneeksemplet). Sammenhængen mellem skadedyrtæthed og skadevirkning kan være meget forskellig, som vist på fig. 3.

For at kunne udnytte en økonomisk skadetærskel er det nødvendigt at have en praktisk prøvetagningsmetode (sampling method). Dette er ofte forbundet med store vanskeligheder, og fik Stern (1973) til at udtale følgende: *Flere arbejdstimer og økonomiske ressourcer er blevet spildt på utilstrækkelig og dårlig planlagt prøvetagning end på nogen anden del af populationsstudier.* – Med hensyn til prøveantals og prøvestørrelsers betydning henvises til M. Münster-Swendsens indlæg på side 365.

Vanskelighederne standser ikke ved løsningen af prøvetagningsproblemerne, for når bestandstætheden kan bestemmes, er næste trin at kunne forudse bestandens vækst og skadevirkning. – Det er jo ikke heldigt først at kunne iværksætte behandling, når skadedyret er ved at overskride skadetærsklen, og dermed næsten har ødelagt for lige så meget, som behandlingen koster. Også

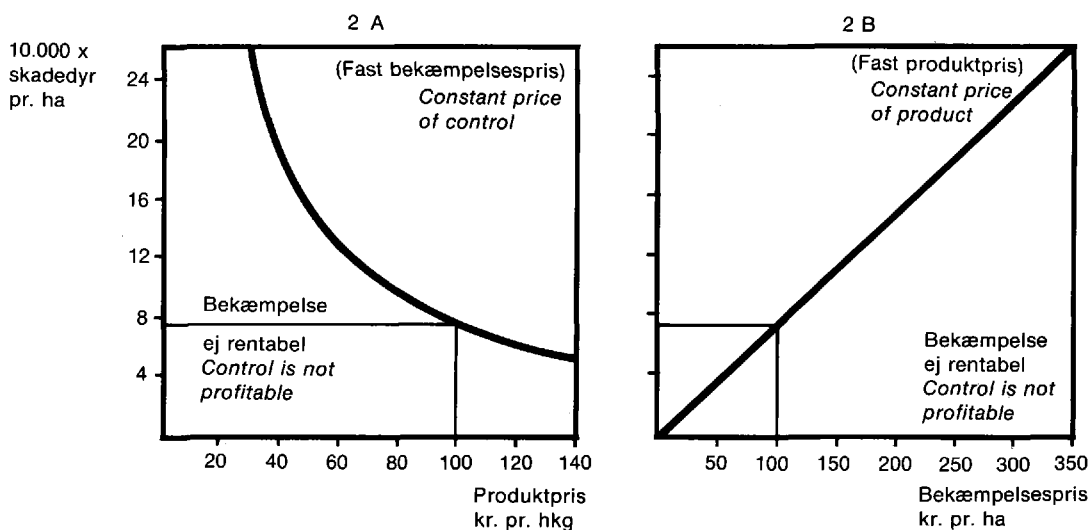


Fig. 2. Eksempler på den økonomiske skadetærskels variation som følge af variationen af andre faktorer:

2A: Stigende produktpris og

2B: Stigende bekæmpelsespris.

Beregningerne følger eksemplet i tabel 1.

Examples of the variation of the economic damage threshold with:

2A: Increasing price of the crop, and

2B: Increasing price of treatment.

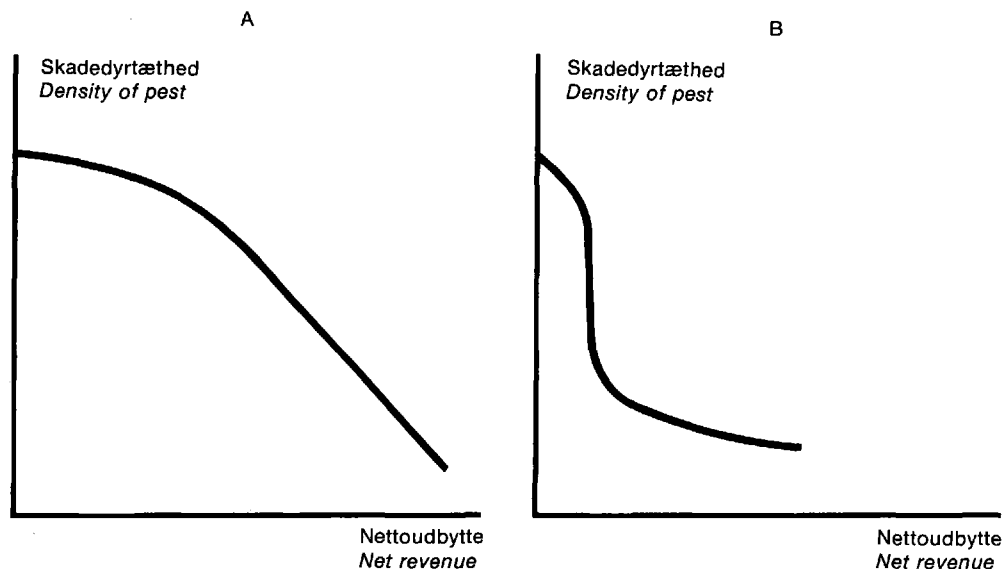


Fig. 3. Eksempler på nettoudbyttet som funktion af skadedyrtæthed.

A: Planten kan kompensere for tab, så længe der er tale om lave tætheder af skadedyr. Det gælder f.eks. korn angrebet af bladlus.

B: En kurve der udpræget er resultat af kvalitativ forringelse, der medfører fald fra en højt betalt varekategori til en meget lavere. Dette fænomen er hyppigt i frugt og grønt, og gælder bl.a. angreb af gulerodsfluelarver i konsumgulerødder og knopormeangreb i konserverrødbeder.

Selected examples of netvalues of crops as function of pest insect densities.

A: The plant may compensate for loss, but only when pest insect densities are low. – E.g. aphids attacking cereals.

B: This curve illustrate how quality may be reduced jumpwise. This occurs frequently in production of fruit and vegetables which are sorted in quality categories. – E.g. carrot for fresh marketing attacked by carrot fly larvae and reed beets for canning attacked by cutworms.

denne problemstilling har givet anledning til en definition, nemlig af *bekæmpelsestærsklen*, som er (C. Nilsson, 1981, og andre tidligere) *den populationstæthed, ved hvilken bekæmpelse skal iværksættes for at forhindre overskridelse af den økonomiske skadetærskel*. – Denne definition tager ikke tilstrækkelig højde for problemet med at bekæmpe lige før skadetærskeloverskridelse. Vil man have en bekæmpelsestærskel-definition, må følgende ordlyd foreslås: *Den laveste populationstæthed, hvor overskridelse af den økonomiske skadetærskel kan forudses og forhindres med rimelig sikkerhed*. Af hensyn til tabsbegrænsning vil det være logisk at bekæmpe skadedyrene så tidligt som muligt. Der vil dog være vigtige undta-

gelser, f.eks. ved visse bladlusangreb, hvor der er risiko for yderligere indvandring i marken. Her kan det være bedre at skubbe en behandling hen til tæt ved den skadetærskeloverskridelse, som de først konstaterede bladlus ville medføre. Dermed ville man være sikker på at ramme også senere indvandrere frem for at skulle behandle to gange.

Integreret bekæmpelse – »styret bekæmpelse«

At få fastlagt en skadetærskel er ikke ensbetydende med at gå fra kemisk bekæmpelse til integreret bekæmpelse; men det er et vigtigt trin på vejen. Dette mellemtrin, hvor man ved prøvetagning og skadetærskelanvendelse styrer sine beslutninger for- imod behandling og tidsmæssig

fastlæggelse af behandling, betegnes på engelsk: *Supervised Control*. På fransk er betegnelsen: *Lutte dirigé* og i skandinavisk sprogbrug kunne man foreslå: »Styret bekæmpelse«.

Begrebet integreret bekæmpelse bruges ofte – misbruges også – og ofte spørges om grænserne for integreret bekæmpelse. Svaret er i virkeligheden enkelt. Integreret bekæmpelse starter, når man bevæger sig ud over ét skadedyr og/eller én bekæmpelsesform. F.eks. er det en spæd begyndelse at samordne indsatsen over for to forskellige skadedyr, således at visse midler og behandlingstidspunkter over for det første undgås, og derved skånes de naturlige fjender mod det andet. Herudover kan man bygge videre ved at føje led for led på samordning: Flere skadedyr, flere metoder (f.eks. biologiske, biotekniske og kemiske), flere afgrøder, flere år. Teoretisk er den eneste grænse for integration den grad af kompleksitet, man med rimelighed kan administrere. I praksis vil integrationsniveauet i høj grad være økonomisk bestemt.

Prioritering

En overvejelse af, hvilket integrationsniveau man skal sigte efter, medfører spørgsmål om prioritering af indsats. Væsentlige forudsætninger for denne prioritering er:

- 1) Det vil endnu tage lang tid at udvikle et rimeligt udbud af biologiske og biotekniske bekæmpelsesmetoder til frilandsbrug. En del biologiske metoder er vanskeligt realiserbare under skandinaviske vejrforhold. Derfor vil kemisk bekæmpelse stadig være nødvendig i mange tilfælde.
- 2) Biologisk bekæmpelse stiller mindst lige så store krav til viden om populationsforhold – bestemmelse af fremkomsttidspunkt, populationstæthed – og skadevirkning som styret bekæmpelse med kemiske midler.
- 3) Den kraftigste nedsættelse af forbruget af kemiske midler og den største økonomiske forbedring i forhold til rutinebehandling opnås ofte ved effektivt at indføre styret bekæmpelse, mens mange af de videre trin ind i integreret bekæmpelse kræver større investeringer og giver umiddelbart mindre afkast.

Med disse forudsætninger og med begrænsede forskningsressourcer må det i første omgang prioriteres højere at nå til styret bekæmpelse i mange afgrøder, frem for at nå et højt integrationsniveau i ganske enkelte afgrøder. Dette bør dog ikke spærre for en mere langsigtet udvikling af biologiske og biotekniske metoder, samt et sorteringsgrundlag for kemiske midler med henblik på at udvise hensyn over for naturlige fjender.

Litteratur

- Davidson, A. & Norgaard, R. B. (1973): Economic aspects of pest control. EPPO Bull. 3, 63–75.
- Geir, P. W. & Clark, L. R. (1961): An ecological approach to pest control, in: Proc. of 8. Techn. Meeting, Int. Union f. Conservation of Nature and Nat. Resources. Warsaw, 1960, 10–18.
- Münster-Swendsen, M. (1983): Prøvetagning af skadedyr – planlægning og bedømmelse i forbindelse med integreret bekæmpelse. Tidsskr. Planteavl 87, 365–369.
- Nilsson, C. (1981): Bekämpningströsklar. Växtskyddsnotiser 45, 122–135.
- Norton, G. A. (1976): Analysis of decision making in crop protection. Agro-ecosystems 3, 27–44.
- Shotwell, R. L. (1935): Method for making a grasshopper survey. J. Econ. Ent. 28, 486–491.
- Smith, R. F. (1969): The importance of economic injury levels in the development of integrated control programs. Qual. Plant. Mater. Veg. 17, 81–92.
- Smith, R. F. & Allen, W. W. (1954): Insect control and balance of nature. Sci. Am. 190, 38–42.
- Smith, R. F. & Reynolds, H. T. (1966): Principles, definitions and scope of integrated pest control. Proc. FAO Symp. Integrated Pest Contr. I: 11–17. Rome, Italy, Oct. 11.–15., 1965.
- Steiner, H. & Baggiolini, M. (1968): Anleitung zum integrierten Pflanzenschutz im Apfelanbau. Landesanstalt für Pflanzenschutz, Stuttgart. 64 pp.
- Stern, V. M. (1973): Economic thresholds. Ann. Rev. Ent. 73, 259–280.
- Stern, V. M., Smith, R. F., van den Bosch, R. & Hagen, K. S. (1959): The integration of chemical and biological control of the spotted alfalfa aphid. Part I. The integrated concept. Hilgardia 29, 81–101.
- Sylvén, E. (1968): Threshold values in economics of insect pest control in agriculture. Stat. Växtskyddsanstalt Medd. 14, 65–79.

Manuskript modtaget den 14. juni 1983.