

TEGNIËSE RIGLYNE
VIR HOOFWEË

TRH5

**STATISTIESE
BEGINSELS VAN KWALITEIT-
BEHEER EN DIE TOEPASSING
DAARVAN IN PADBOU**

Julie 1987

ISBN 0 7988 4137 0

TRH5, pp 1-64, Pretoria, Suid-Afrika, 1987

Gepubliseer deur die

Departement van Vervoer

Posbus 415

PRETORIA

0001

Republiek van Suid-Afrika

vir die

Komitee van Staatspadowerhede.

HERDRUK: 1989

Gedruk in die

Republiek van Suid-Afrika

deur V & R Drukkery (Edms) Bpk.

PRETORIA

VOORWOORD

TEGNIIESE RIGLYNE VIR HOOFWEË (TRH) is vir die ingenieur in die praktyk geskryf en beskryf huidige aanbevole gebruike in verskillende aspekte van ingenieurswese met betrekking tot hoofweë. Dit is gebaseer op ondervinding in Suid-Afrika asook die resultate van navorsing en geniet die volle ondersteuning en goedkeuring van die Komitee van Staatspadowerhede (KSPO).

Hierdie dokument is deur 'n subkomitee van die Padboumaterialekomitee saamgestel en om die geldigheid daarvan in die praktyk te bevestig is dit in konsepvorm vir 'n proeftydperk uitgegee voordat dit aan die KSPO voorgelê is vir finale goedkeuring, wat nou verkry is.

SINOPSIS

By alle konstruksie, insluitende dié van paaie, moet die doel van die ingenieurs wees om te verseker dat die kwaliteit wat verlang word om bevredigende werkverrigting te verseker teen die laags moontlike koste verkry word. Om hierdie doel te bereik, is dit onder meer noodsaaklik dat 'n aanvaarbare kwaliteit-beheerskema beskikbaar moet wees en dat dit gebruik word om die kwaliteit van die produk bevredigend te beoordeel.

Hierdie dokument beskryf 'n algemene beslissingsmodel vir kwaliteitbeheer. Daar word getoon hoe die model by sowel aanvaardingsbeheer deur die kliënt as prosesbeheer deur die kontrakteur gebruik kan word. Die bepaling van monsternemingspunte of -porsies op 'n rasonale wyse asook die belangrikheid van die korrekte monsternemings- en toetsprosedures word ook kortliks bespreek.

Tabelle wat toepaslike inligting bevat om die skema in die praktyk toe te pas, is by die dokument ingesluit. Voorbeelde van prosesbeheerkaarte sowel as 'n spesifikasie wat op hierdie skema gebaseer is, word in die bylaes aangegee.

SYNOPSIS

In all construction processes, including that of roads, the intention of engineers should be to ensure that the quality desired to ensure satisfactory performance, is achieved at the lowest cost possible. To this end it is essential that, amongst other things, an acceptable quality control scheme should be available and that it should be used to assess the quality of the product satisfactorily.

This document describes a generalized decision model for quality control. It is shown how the model can be used in both acceptance control by the client and process control by the contractor. The determination of sampling positions or portions on a rational basis as well as the importance of correct sampling and testing procedures is also briefly discussed.

Tables, containing relevant information for the application of the scheme, are included in the document. The appendices contain examples of process control charts as well as a specification based on this scheme.

SLEUTELWOORDE

Statistical quality control, acceptance control, process control, sampling and testing procedures, client and contractor.

INHOUD

Bladsy

Voorwoord	iii
Sinopsis / Synopsis	iv
Lys van simbole	v
Definisies	ix
1 Inleiding	1
2 Produkeienskappe	2
3 Spesifikasie	3
3.1 Spesifikasiegrense	3
3.2 Varieerbaarheid	3
3.3 Die gespesifiseerde persentasie, ϕ	4
3.4 Monsterneming	4
4 Beoordelingskema	12
4.1 Aanvaardingsbeheer	12
4.2 Spesifisering van die produkeienskap	12
4.3 Beoordelingsgrense	14
4.4 Prosesbeheer	16
4.5 Voorwaardelike aanvaarding	22
4.6 Hervoorlegging	24
4.7 Uitskieters	27
4.8 Beduidenheid van waardes	30
5 Praktiese toepassing	31
5.1 Die algemene databron	31
5.2 Prosesbeheerkaarte	31
Verwysings	42
Bylae A Voorbeelde van prosesbeheerkaarte	43
Bylae B Tipiese standaardspesifikasies vir aanvaardingsbeheer ...	47
Bylae C Tabele	61

LYS VAN FIGURE

1	Definisie van 'n oppervlaklot	8
2	Effek van eienskapvlakke wat bo- of onderkant die vereiste kwaliteitvlak is	13
3	Definisie van die grense van 'n dubbelgrensspesifikasie	13
4	Voorbeeld van 'n prosesbeheerkaart vir enkel- of dubbelgrensspesifikasies	18
5	Voorwaardelike aanvaardingsvergoedingsfaktore	23
6	Wisselwerkende aspekte van kwaliteitbeheer	33

LYS VAN BEHEERKAARTE

A.1	Prosesbeheerkaarte met $\bar{x}_n$ en S_n op afsonderlike asse	43
A.2	Prosesbeheerkaart vir 'n enkele beheerparameter wat $\bar{x}_n$ sowel as S_n inkorporeer	44
A.3	Prosesbeheerkaartstelsel met afsonderlike beheerkaarte vir $\bar{x}_n$, S_n en Q	44

LYS VAN TABELLE

1	Voorbeeld van ewekansige fraksies wat gebruik moet word om die koördinate van ewekansige monsternemingspunte op 'n oppervlaklot te bepaal	9
2	Waardes van ϕ , $S_{\bar{x}}$ en S_{g0} soos bepaal uit voltooide konstruksiedata	32
3	Tipiese lot- en monstergroottes wat in die praktyk gebruik word	34-35
4	Waardes van k_a en k_r (eerste voorlegging)	36
5	Waardes van k_a^1 and k_r^1 (tweede voorlegging)	37
6	Waardes van $F_{0,05;v_l;v_s}$ en $t_{0,05;v}$ vir die evaluering van hervoorgelegde lotte	39
7(a)	Kritieke waardes van T vir verskillende monstergroottes, n	40
7(b)	Waardes van $C_{0,01;n}$ vir verskillende monstergroottes, n	41
A/1	Beheerkaartkonstantes (ASTM Manual on Quality Control of Materials)	45
B/1	Waardes van $F_{0,05;v_l;v_s}$ en $t_{0,05;v}$ vir die evaluering van hervoorgelegde lotte	53
B/2	Konstantes wat gebruik moet word in die beheer van verskillende eienskappe	58
C/1	Ewekansige monsternommers	61
C/2	Oppervlaktes onder die normaalverdelingskromme vanaf $\pm K_\alpha$ tot ∞	64

LYS VAN SIMBOLE

A_1	=	beheerkaartkonstante om die gevaargrens vir $\bar{x}_n$ te bepaal
A_2	=	beheerkaartkonstante om die waarskuwingsgrens vir $\bar{x}_n$ te bepaal
B_1	=	konstante van prosesbeheerkaart om die onderste gevaargrens vir S_n te bepaal
B_2	=	konstante van prosesbeheerkaart om die boonste gevaargrens vir S_n te bepaal
B_4	=	konstante van prosesbeheerkaart om die boonste en onderste waarskuwingsgrense vir S_n te bepaal
C_2	=	konstante van prosesbeheerkaart om die boonste en onderste waarskuwingsgrense vir S_n te bepaal
C_o	=	kritieke faktor om die uitskietterresultate te bepaal
e	=	toleransie in die geval van dubbelgrensspesifikasie (tweede benadering)
k	=	kontrole veranderlike wat op 'n beheerkaart uitgestip moet word (afhanklik van sowel $\bar{x}_n$ as S_n)
k_ϕ	=	konstante vir normaalverdeling wat in verband staan met ϕ
$k_{\alpha a}$	=	konstante vir normaalverdeling wat in verband staan met α_a
$k_{\alpha r}$	=	konstante vir normaalverdeling wat in verband staan met α_r
k_a	=	konstante wat gebruik word om die aanvaardingsgrens(e) te bepaal (eerste voorlegging)
k_r	=	konstante wat gebruik word om die verwerpingsgrens(e) te bepaal (eerste voorlegging)
k_a^I	=	konstante wat gebruik word om die aanvaardingsgrens(e) te bepaal (hervoorlegging)
k_r^I	=	konstante wat gebruik word om die verwerpingsgrens(e) te bepaal (hervoorlegging)
L_s	=	onderste spesifikasiegrens
L_a	=	onderste aanvaardingsgrens (tesame met L_s gebruik)
L_r	=	onderste verwerpingsgrens (tesame met L_s gebruik)
L_s^I	=	boonste spesifikasiegrens
L_a^I	=	boonste aanvaardingsgrens (tesame met L_s^I gebruik)
L_r^I	=	boonste verwerpingsgrens (tesame met L_s^I gebruik)
L_w	=	waarskuwingsgrens vir prosesbeheerkaart (in sommige gevalle soortgelyk aan L_a en L_a^I)
L_d	=	gevaargrens vir prosesbeheerkaart (in sommige gevalle soortgelyk aan L_r en L_r^I)
n	=	aantal individuele toetsresultate wat die statistiese monster vorm (= monstergrootte)

n_a	=	monstergrootte vir eerste voorlegging
n_b	=	monstergrootte vir hervoorlegging
P	=	vergoedingsfaktor wat gebruik word in die voorwaardelike aanvaardingsone ($L_r - L_a$)
P_l	=	vergoedingsfaktor wat gebruik word in die voorwaardelike aanvaardingsone ($L_a^l - L_r$)
Q	=	kwaliteitsfaktor wat uit gemete resultate bepaal word
Q_1	=	konstante van prosesbeheerkaart om die gevaargrens vir Q te bepaal
Q_2	=	konstante van prosesbeheerkaart om die waarskuwingsgrens vir Q te bepaal
R	=	vaste reikwydte tussen aanvaardings- en verwerpingsgrense
S_n	=	monsterstandaardafwyking van 'n eienskap
$\bar{S}_n$	=	die gemiddelde waarde van die standaardafwyking vir 'n besondere eienskap soos bepaal in vorige kontrakte
$S_{\bar{x}}$	=	standaardafwyking van die monstergemiddeldes
S_{80}	=	tagtigste persentiel van die monsterstandaardafwykings van 'n eienskap (d.w.s. 80 persent van die standaardafwykings sal kleiner of gelyk aan S_{80} wees)
T	=	kritieke kontrolewaarde wat gebruik word om uitskieters te identifiseer
T_o	=	uitskieteraanwyser wat gebruik word om uitskieters te identifiseer
x	=	'n individuele gemete waarde van 'n produkeienskap
x_o	=	toetsresultaatwaarde van die moontlike uitskieter
$\bar{x}_a^l$	=	verlangde gemiddelde van 'n produkeienskap (word tesame met L_s gebruik)
$\bar{x}_a^l$	=	verlangde gemiddelde van 'n produkeienskap (word tesame met L_s^l gebruik)
$\bar{x}_n$	=	monstergemiddelde van 'n produkeienskap
α_a	=	kontrakteur se risiko om verkeerdelik voorwaardelik aanvaar te word wanneer daar vir voldoening aan die aanvaardingsgrens beoordeel word (α_a) = 5 persent)
α_r	=	kontrakteur se risiko om verkeerdelik verwerp te word wanneer daar vir voldoening aan die verwerpingsgrens beoordeel word (α_r) = 1 persent)
ϕ	=	maksimum persentasie van die populasie van 'n produkeienskap wat toegelaat word om buite die spesifikasiegrens(e) te lê vir die produkeienskap om as bevredigend beskou te word
σ	=	ware standaardafwyking van die populasie van 'n produkeienskap
$\chi^2_{0,99; n-1}$	=	die 99 persentasiepunte van die χ^2 -verdeling vir $n-1$ vryheidsgrade

DEFINISIES

Lot	'n Lot is 'n aansienlike hoeveelheid werk of materiaal wat gelewer word, wat as 'n eenheid beoordeel word vir die doeleindes van kwaliteitbeheer en so gekies is dat dit verteenwoordigend is van die materiaal of werk wat hoofsaaklik deur dieselfde proses en van dieselfde materiale geproduseer is.
Ewekansige monster (statistiese monster)	'n Ewekansige monster is 'n groep van n toetsbepalings wat uitgevoer word by n afsonderlike toetspunte of op n monsterporsies wat op 'n onbevooroordeelde wyse uit die lot verkry is.
Aanvaardingsbeheer	Aanvaardingsbeheer is die beheertoetsing en beoordeling van die toetsresultate wat gedoen word om vas te stel of die kwaliteit van die materiaal wat gelewer is, ooreenkomstig die spesifikasies aanvaarbaar is al dan nie.
Prosesbeheer	Prosesbeheer is die beheertoetsing en beoordeling van die toetsresultate wat op 'n deurlopende grondslag gedurende konstruksie deur die kontrakteur uitgevoer word ten einde vas te stel of die konstruksieproses asook die materiaal wat gebruik word, betroubaar genoeg is om die kwaliteit materiaal wat ten opsigte van die spesifikasies aanvaarbaar is, te lewer.
Voorwaardelike aanvaarding	Voorwaardelike aanvaarding van 'n lot is die aanvaarding deur die kliënt van 'n lot met 'n hoë waarskynlikheid dat dit 'n substandaard materiaal is, op voorwaarde dat die kontrakteur 'n laer vergoeding, wat bereken word volgens 'n vooraf vasgestelde metode soos neergelê in die spesifikasies, vir die lot aanvaar.
Ewekansige monsternemingspunte of -porsies	Ewekansige monsternemingspunte of -porsies is die monsternemingspunte of -porsies wat gekies is om die materiaal in die lot as geheel te verteenwoordig; hulle word op so 'n wyse bepaal dat elke punt of porsie 'n gelyke kans het om vir monsterneming gekies te word.

1 INLEIDING

Die praktiese werkverrigting van alle konstruksies, insluitende dié van paaie, hang grootliks van twee belangrike faktore af. Eerstens dat bevredigende ontwerp-vereistes gebruik word en tweedens dat die voltooide struktuur aan hierdie vereistes behoort te voldoen. Aangesien dit die oogmerk van kwaliteitbeheer is om te sorg dat laasgenoemde vereiste bevredig word, is dit 'n noodsaaklike en belangrike aspek van alle fases van padbou.

Kwaliteitbeheer in paaie was in die verlede gebaseer op die vertolking van inligting oor vereistes. Die reëls waarvolgens dit vertolk moes word, was nie altyd duidelik gedefinieer nie en dit was dus noodsaaklik dat ingenieursoordeel gebruik word. Alhoewel hierdie benadering in die algemeen bevredigend was, het dit tog dikwels aanleiding gegee tot geskille tussen die kontrakteur en kliënt oor die aanvaarding van minderwaardige konstruksie¹. Met die onlangse ontwikkeling van rasionele kwaliteitbeheertegniese kan hierdie toestand nou verbeter word sodat dit ekonomiese voordele vir sowel die kliënt as die kontrakteur inhou.

In hierdie dokument word 'n rasionele kwaliteitbeheerskema wat in padbou gebruik sal word, beskryf. 'n Veel groter mate van konsekwente beoordeling as wat in die verlede moontlik was, word hierdeur verseker. Die skema is ook ontwerp om te verseker dat die vereistes wat in die verlede van toepassing was in aanmerking geneem word tydens die bepaling van die kwaliteitstandaarde en die aantal toetse wat uitgevoer moet word. Daarbenewens hou die skema nog die volgende voordele in:

- (a) Die kontrakteur se risiko dat produkte verkeerdelik beoordeel sal word, word teen 'n vaste lae vlak gehandhaaf.
- (b) Beide die kwaliteitvlak en die varieerbaarheid van die produk word tydens die beoordeling daarvan in aanmerking geneem. Dit lei tot 'n meer rasionele benadering en potensiële ekonomiese wins.
- (c) Die behoefte aan ingenieursoordeel word verminder, deurdat geen ingenieursoordeel nodig is om die materiaal volgens die vasgestelde aanvaardingsbeheergrense te beoordeel nie.
- (d) Die daarstel van 'n voorwaardelike aanvaardingsone wat op 'n laer vlak is as die vorige samevallende aanvaardings-/verwerpingsgrens, sal lei tot groter buigsaamheid in die beheerprosedure en die aantal geskille ten opsigte van produkte van 'n onsekere kwaliteit verminder.

In hierdie dokument word die wiskundige beginsels wat benodig word om aspekte van die kwaliteitbeheerskema te formuleer nie volledig afgelei nie, aangesien dit reeds in vorige publikasies^{2,3} vasgestel en bewys is. Noodsaaklike stappe in die logika word egter gegee om die begrip van die skema in sy geheel te vergemaklik.

2 PRODUKEIENSKAPPE

In padbou behels kwaliteitbeheer die totale proses waarvolgens verseker word dat die verlangde eienskappe, soos uit ontwerpvoorwagings vasgestel, in die praktyk bevredig is. Dit sluit eienskappe in soos byvoorbeeld die digtheid van 'n padlaag, en die bindstofinhoud en gradering van 'n bitumineuse mengsel.

Enige besondere eienskap van 'n produk word gewoonlik beskryf deur 'n groot aantal individuele waardes, x , wat met genoegsame praktiese akkuraatheid voorgestel kan word deur 'n populasie met 'n normaalverdeling wat 'n gemiddelde waarde, $\bar{x}$, en 'n standaardafwyking, σ , het.

Hierdie populasie kan ook voorgestel word deur middel van statistiese monsters wat elk uit 'n eindige aantal individuele waardes, n , bestaan. In hierdie geval is die gemiddelde waarde van al die monstergemiddeldes ook $\bar{x}$, en die standaardafwyking van die populasie van gemiddeldes gelyk aan $\sigma/\sqrt{n}$. Aangesien die toets van alle materiaal die enigste manier is waarop die presiese waarde van σ van 'n produkeienskap bepaal kan word, word σ met 'n genoegsame mate van akkuraatheid deur S_n benader, waar S_n die standaardafwyking van die statistiese monster is.

Indien x enige individuele waarde in 'n statistiese monster van n -waardes is, kan die statistiese monster soos volg beskryf word:

Die gemiddelde, $\bar{x}_n = \frac{\sum x}{n}$

en die standaardafwyking, $S_n = \sqrt{\frac{\sum x^2 - n\bar{x}_n^2}{n-1}}$

Die meeste sakrekenaars beskik oor $\bar{x}_n$ en S_n as vooraf geprogrammeerde funksies. Sommige sakrekenaars gee S_n in twee formate aan, d.w.s. in die een geval word S_n bereken deur n in die noemer van die formule te gebruik en in die tweede geval deur $n-1$ te gebruik. Die gebruiker moet seker maak dat hy die S_n -waarde gebaseer op $n-1$, gebruik.

3 SPESIFIKASIES

In die ontwerp van enige deel van 'n padstruktuur is spesifikasies en standarde vir produkeienskappe vir verskillende dele van die struktuur vasgestel om te verseker dat die werkverrigting van die struktuur as geheel in die praktyk bevredigend sal wees. Die produkeienskappe word uitgedruk ten opsigte van toetsresultate wat deur standaard metodes verkry is. Voorheen was dit vereis dat alle toetsresultate binne die spesifikasiegrense moes wees. In die praktyk is produkte wat nie streng aan spesifikasies voldoen het nie, egter dikwels aanvaar, afhange van die ondervinding en houding van die toesighoudende ingenieur.

Hierdie feit is in aanmerking geneem in die ontwikkeling van die rasionele kwaliteit-beheerskema soos uiteengesit in hierdie dokument, deur toe te laat dat 'n gedeelte van die populasie van die toetsresultate wat die verlangde produkeienskap omskryf, buite die spesifikasievereistes mag wees.

3.1 SPESIFIKASIEGRENSE

Drie verskillende gevalle word onderskei, naamlik:

- (a) 'n Ondergrensspesifikasie — in hierdie geval word daar vereis dat nie meer as 'n gespesifiseerde persentasie, ϕ , van die verspreide waardes wat 'n gespesifiseerde produkeienskap verteenwoordig, onderkant die onderste spesifikasiegrens, L_S , moet lê nie.
- (b) 'n Bogrensspesifikasie — in hierdie geval word daar vereis dat nie meer as 'n gespesifiseerde persentasie, ϕ , van die verspreide waardes wat 'n gespesifiseerde produkeienskap verteenwoordig, bokant die boonste spesifikasiegrens, L_S^I , moet lê nie.
- (c) 'n Dubbelgrensspesifikasie — in hierdie geval word daar vereis dat nie meer as 'n gespesifiseerde persentasie, ϕ , van die verspreide waardes wat die produkeienskap verteenwoordig, buite die onderste of boonste spesifikasiegrense, L_S en L_S^I , moet lê nie.

3.2 VARIEERBAARHEID

Benewens bogenoemde is dit noodsaaklik om ook die varieerbaarheid van die produkeienskap of te spesifiseer of te omskryf wat dan in kombinasie met die vasgestelde spesifikasiegrens gebruik sal word om die vereiste gemiddelde waarde van die produkeienskap te bepaal. Twee gevalle word onderskei, naamlik:

- (a) Die gespesifiseerde varieerbaarheid kan omskryf word deur die standaardafwyking wat algemeen met gesonde konstruksiepraktyke bereik kan word. Die 80ste persentiel van die verspreiding van standaardafwykings wat in werklike praktyk bereik kan word, S_{80} , word voorgestel vir gebruik in die hoedanigheid. Alhoewel die spesifisering van varieerbaarheid op hierdie wyse wenslik mag wees vir sekere kritieke produkeienskappe waar eenvormigheid noodsaaklik is, is dit vanweë ander nadele nie as 'n alternatiewe spesifikasievereiste in hierdie dokument ingesluit nie. S_{80} -waardes soos bepaal uit reeds voltooide konstruksiedata, word egter benodig om die spesifikasiegrense vir dubbelgrensspesifikasies soos in afdeling 4.2 uiteengesit, te bepaal. Hierdie inligting is in tabel 2 vervat.
- (b) Die varieerbaarheid kan beskryf word deur die standaardafwyking van die gemete monster van n waarnemings, S_n . In hierdie geval word die vereiste gemiddelde waarde van die produkeienskap in verhouding tot die spesifikasiegrens en tot die verwante toelaatbare persentasie, ϕ , uit S_n bepaal. Hierdie benadering het die voordeel dat in gevalle waar lae varieerbaarhede verkry kan word, 'n ooreenstemmende laer gemiddelde waarde vir 'n aanvaarbare produk vereis word, wat ekonomiese voordele vir die kontrakteur kan inhou.

3.3 DIE GESPESIFISEERDE PERSENTASIE, ϕ

Ten einde te verseker dat die verlangde gemiddelde van 'n produkeienskap, $\bar{x}_a$, wat met behulp van L_s , ϕ en S_n bepaal word, in die praktyk bereik kan word, is aanbevole waardes van ϕ bepaal uit reeds voltooide konstruksiedata waar huidige toepaslike waardes van L_s en S_n gebruik is.

Hierdie waardes van ϕ word in tabel 2 aangegee.

3.4 MONSTERNEMING

Aangesien dit onmoontlik is om 100 persent van die populasie te ondersoek, 'n proses wat bestaan uit die beoordeling van alle denkbare waarnemings van die parameter, is monsterneming noodsaaklik om die kwaliteit van die produkeienskappe van 'n lot te beoordeel.

Die onbevooroordeelde seleksie van 'n monster uit die lot onder bespreking is een van die moeilikste probleme waarmee die ingenieur te kampe het in die beoordeling van 'n produk.

Die probleem is drievoudig en bestaan uit:

- die bepaling van 'n geskikte lotgrootte;
- die bepaling van 'n geskikte monstergrootte;
- die bepaling van geskikte monsternemingspunte of -porsies, en monsternemingsprosedures.

3.4.1 Lotgrootte

Lotgroottes word normaalweg uitgedruk volgens die volume of massa van verwerkte produkte wat nog nie in die padkonstruksie geplaas is nie, of volgens die oppervlakte of volume van konstruksielae wat reeds geplaas is.

By die bepaling van lotgroottes bestaan daar normaalweg twee teenstrydige vereistes en 'n optimum balans tussen die twee moet gesoek word.

Een vereiste is die behoefte om beskikbare toetsfasiliteite tot hul maksimum te benut en daardeur nie die toetsvereistes onnodig te vermeerder deur 'n te klein lotgrootte te kies nie. Dit moet uitbalanseer teen die kontrakteur se risiko dat groot seksies van die konstruksie verwerp kan word indien die werk as onaanvaarbaar beoordeel sou word.

Die balans tussen hierdie twee vereistes het op die huidige stadium tipiese lotgroottes soos in tabel 3 aangegee, opgelewer.

3.4.2 Monstergrootte (n)

Die monstergrootte, d.w.s. die aantal toetswaardes wat gebruik word om die produk in 'n lot te beoordeel, kan op 'n rasonale manier bepaal word deur of die akkuraatheid wat in die beoordelingskema vereis word of die verhouding tussen die koste van toetsing en die koste-uitwerking van onakkurate beoordeling, te oorweeg.

Die kliënt dra ook 'n risiko, naamlik dat 'n substandaard produk aanvaar word en hierdie risiko word ook beïnvloed deur die monstergrootte, n . Die beoordelingsrisiko's van sowel die kliënt as die kontrakteur kan verminder word deur groter monstergroottes te gebruik.

Die moontlikheid om groter monstergroottes te gebruik word egter op hierdie stadium uitgesluit deur die gebrek aan inligting oor koste en 'n ernstige tekort aan opgeleide tegniese personeel in die praktyk. Die monstergrootte, n , wat normaalweg gespesifiseer word, stem dus ooreen met dié wat in die algemeen in die verlede gebruik is. Tipiese monstergroottes wat gebruik word, word in tabel 3 aangegee.

3.4.3 Monsternemingsprosedures

Monsternemingsprosedures om bepaalde voorwaardes in 'n kontrak te bevredig, sal normaalweg in die kontrakspesifikasie omskryf of deur die ingenieur bepaal word.

Besprekings oor hierdie aspek in hierdie dokument is daarop ingestel om as algemene agtergrond vir die bepaling van die monsternemingsprosedures te dien.

3.4.3.1 Monsternemingskenmerke

Vir 'n monster om verteenwoordigend van 'n lot te wees, moet die vereiste monstertoetspunte of -porsies op 'n beplande grondslag geselekteer word. Om dit te bereik is daar 'n aantal monsternemingsvereistes waaraan voldoen moet word⁴, naamlik:

- (a) Alle gebreke van die konstruksieproses en/of -materiale in die lot moet opgespoor word.
- (b) Siklusse of patrone van varieerbaarheid vir die lot moet bepaal word.
- (c) Die monsternemingstegniek wat gebruik word moet baie betroubaar wees, sonder menslike vooroordeel wees en moet relatief eenvoudig wees om toe te pas.

Benewens die feit dat daar aan bogenoemde vereistes voldoen moet word, moet die monsternemingsprosedures wat gebruik word ook voorsiening maak vir die volgende monsternemingstoestande.

- (a) Deurlopende produksiemonsterneming — In hierdie geval word die produk beskikbaar gestel teen 'n vaste tempo of in mengermate, waarvan 'n sekere hoeveelheid 'n lot uitmaak.
- (b) Grootmaat-voorraadhoopmonsterneming — Dit behels monsterneming van grootmaathoeveelhede soos byvoorbeeld vergruisde aggregraat of gruis in voorraadhope voor gebruik.
- (c) In situ-konstruksiemonsterneming — Dit behels monsterneming van die voltooide produk waar die lot verteenwoordig word deur 'n oppervlakte of 'n volume van so 'n produk.

'n Aantal verskillende monsternemingsprosedures in die praktyk wat in 'n meerdere of mindere mate voldoen aan die bostaande vereistes en voorwaardes. Dit sluit in:

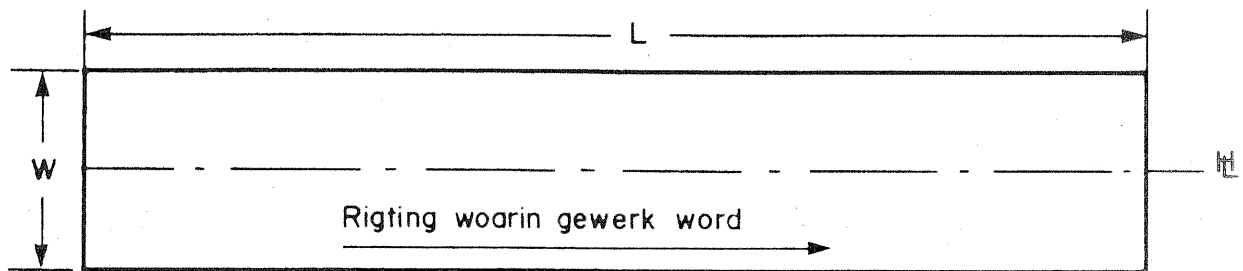
- (a) Oordeelmonsterneming — In hierdie geval besluit die monsternemer volgens sy eie oordeel waar of wanneer 'n monster geneem moet word. Hierdie tipe monsterneming, wat in die verlede dikwels gebruik is, beskerm teen bekende maar nie teen onbekende gebreke nie. Die betroubaarheid van hierdie prosedure is ook afhanklik van die verantwoordelikeheidsin en kennis van die monsternemer.

- (b) Sistematiese monsterneming — Dit behels die seleksie van opeenvolgende porsies volgens 'n eenvormige tyd- of oppervlakte-grondslag. Hierdie prosedure voldoen aan al die bogemelde vereistes behalwe dat dit geen beskerming bied teen siklusse en patrone van varieerbaarheid in die materiaal nie.
- (c) Gestratifiseerde monsterneming — Dit behels die seleksie van vooraf-bepaalde, onafhanklike gedeeltes van die produk. Dit is hoofsaaklik in die vorm van lotte, alhoewel verdere stratifikasie in die vorm van sublotte dikwels gebruik word om aan bestaande praktiese toestande te voldoen. Hierdie sublotte mag in die vorm van mengermate of vragmotorvragte, of die breë onderverdeling van 'n lotoppervlakte wees ten einde aan sekere praktiese vereistes te voldoen.
- (d) Ewekansige monsterneming — Dit behels die seleksie van 'n monster op so 'n wyse dat elke porsie 'n gelyke kans het om uit die lot gekies te word. Hierdie prosedure voldoen aan al die bogemelde vereistes ten opsigte van monsterneming en word normaalweg gebruik met die seleksie van monsterporsies uit lotte of gestratifiseerde sublotte.
- (e) Gestratifiseerde ewekansige monsterneming — In die praktyk word 'n kombinasie van gestratifiseerde en ewekansige monsterneming aanbeveel vir die bepaling van die seleksie van monstertoetspunte of -porsies in 'n gespesifiseerde lot aangesien dit vry is van enige menslike vooroordeel en dit die saambondel van punte of porsies uitskakel.

3.4.3.2 Aanbevole prosedures

- (a) Deurlopende produksiemonsterneming — Die sublot of mengermaat waaruit een of meer monsterporsies geneem moet word, word bepaal deur middel van 'n voorgeskrewe prosedure wat normaalweg 'n vorm van ewekansige seleksie behels. Die monsterporsie in die sublot word op 'n praktiese wyse afgebaken om 'n mate van ewekansigheid in die seleksie van die porsie te verseker terwyl daar gewaak moet word teen ongewenste invloede soos oppervlaksegregasie of randuitwerkings.
- (b) Grootmaat-voorraadhoopmonsterneming — Monsters uit 'n grootmaatlot as 'n geheel word volgens 'n voorgeskrewe prosedure gedoen wat deur 'n mate van ewekansige seleksie verseker dat verteenwoordigende toetsmonsters verkry sal word. Een metode behels die grawe van slote op verskillende plekke in die lot, waaruit statistiese monsterporsies van 'n vasgestelde grootte dan geneem word.

- (c) In situ-konstruksiemonsterneming — Hierdie tipe monsterneming word normaalweg gebruik wanneer monsters uit 'n lotoppervlakte soos 'n oop padlaag, geneem word. In hierdie geval word gestratifiseerde ewekansige monsterneming aanbeveel.



FIGUUR 1

Definisie van oppervlaklot

Soos in figuur 1 aangedui, word die padoppervlak wat 'n lot verteenwoordig, bepaal deur 'n oppervlakte met 'n breedte, W , en lengte, L , wat sodanig is dat hierdie afmetings elk ongeveer 0,4 m korter is as dié van die werklike konstruksie. Vir die bepaling van die monsternemingspunte, word die totale oppervlakte in porsies van gelyke lengte verdeel, bekend as die sublotte, waar n gelyk is aan die aantal monsters wat nodig is om die werk te beoordeel. Die ewekansige monsternemingspunt binne elk van die sublotte word dan aan die hand van die ewekansige fraksietabelle bepaal. (Kyk Hoofstuk 4 "Ewekansige Monsternemingsprosedure vir Gehaltekontrole by Padbou" in TMH5 (1981) "Monsternemingsmetode vir Padboumateriaal".) Deur gestratifiseerde ewekansige monsterneming te gebruik word die saambondel van die toetspunte of -porsies vermy. Dit bied 'n duideliker globale prentjie van die kwaliteit van die produk.

Voorbeeld

Veronderstel dat daar vyf Gew. AASHTO-monsters geneem moet word en dat vyf velddigthede by dieselfde monsternemingspunt op 'n seksie van die stutlaag, 725 m lank en 12,8 m breed, gedoen moet word.

$$\begin{aligned} L^* &= 725 - 0,4 = 724,6 \text{ m} \\ L/5 &= 144,92 \text{ m (lengte van sublot)} \\ W^* &= 12,8 - 0,4 = 12,4 \text{ m} \end{aligned}$$

Neem dan vyf paar ewekansige fraksies uit die table (vir opeenvolgende lotte moet opeenvolgende seleksies van ewekansige fraksies gebruik word). Tel die syfer van die sublot voor hierdie spesifieke sublot in die lot waaruit die monster geneem word by die ewekansige fraksie vir L .

* Sommige owerhede vereis dat die totale lengte en breedte van die lot gebruik word.

TABEL 1

*Voorbeeld van ewekansige fraksies wat gebruik moet word om die koördinate van ewekansige monsternemingspunte op 'n oppervlaklot te bepaal**

1	0,397	0,040	0,722	0,015	0,373	0,274
2	0,420	0,366	0,622	0,003	0,758	0,207
3	0,631	0,507	0,878	0,001	0,169	0,205
4	0,290	0,081	0,595	0,777	0,215	0,690
5	0,210	0,414	0,837	0,720	0,856	0,305
6	0,436	0,596	0,384	0,659	0,897	0,584
7	0,347	0,940	0,855	0,005	0,083	0,996
8	0,884	0,233	0,322	0,085	0,529	0,144
9	0,424	0,864	0,660	0,748	0,662	0,593
10	0,957	0,765	0,137	0,850	0,550	0,678
11	0,463	0,209	0,250	0,893	0,379	0,724
12	0,884	0,773	0,461	0,962	0,893	0,393
13	0,772	0,255	0,401	0,188	0,929	0,346
14	0,551	0,024	0,157	0,268	0,618	0,096
15	0,432	0,146	0,577	0,015	0,547	0,800
16	0,301	0,723	0,958	0,614	0,008	0,821
17	0,350	0,167	0,215	0,145	0,595	0,181
18	0,951	0,573	0,464	0,996	0,631	0,490
19	0,100	0,098	0,055	0,081	0,443	0,615
20	0,882	0,068	0,380	0,255	0,141	0,261
21	0,652	0,667	0,227	0,993	0,455	0,681
22	0,143	0,305	0,172	0,304	0,274	0,024
23	0,354	0,264	0,341	0,876	0,777	0,334
24	0,982	0,898	0,999	0,809	0,574	0,842
25	0,231	0,521	0,648	0,687	0,906	0,132
26	0,099	0,245	0,856	0,487	0,870	0,790
27	0,742	0,248	0,664	0,669	0,696	0,463

* Uit TMH5, Monsternemingsmetodes vir Padboumateriale (1981)

Sublot	Ewekansige fraksies vir L + vorige sublotnommer	Ewekansige fraksies vir W
1	0,397 + 0 = 0,397	0,040
2	0,420 + 1 = 1,420	0,366
3	0,631 + 2 = 2,631	0,507
4	0,290 + 3 = 3,290	0,081
5	0,210 + 4 = 4,210	0,414

Vermenigvuldig die getalle aldus verkry vir L met 144,92 m en die ewekansige fraksies vir W met 12,4 m. Die waardes moet tot die eerste desimale syfer afgerond word.

Die toetse word dan uitgevoer en monsters word geneem soos hieronder aangedui:

Sublot	Afstand** vanaf begin van seksie (m)*	Afstand vanaf kant (m)*
1	57,5	0,5
2	205,8	4,5
3	381,3	6,3
4	476,8	1,0
5	610,1	5,1

* Gemeet 0,2 m vanaf die begin van die seksie en 0,2 m vanaf die linkerkant van die seksie.

** Sekere padowerhede spesifiseer die lengtekoördinaat tot die naaste 20 m. Die toetspunt vir sublot 1 sal dus 60 m vanaf die begin van die seksie wees en vir sublot 2 sal dit 200 m vanaf die begin van die seksie wees. Hierdie benadering kan slegs gebruik word op lengtes wat redelik groot is.

Die monsternemingsmetodes wat bespreek word in TMH5 "Monsternemingsmetodes vir Padboumateriale", moet gevolg word wanneer die werklike monster geneem word.

3.4.4 Toets

In Suid-Afrika word toetsprosedures vir padboumateriaaleienskappe in die algemeen gespesifiseer in ooreenstemming met die prosedures wat in die huidige uitgawes van die volgende publikasies neergelê word. Die publikasies word in volgorde van belangrikheid aangegee.

- TMH1 — Standaardtoetsmetodes vir Padboumateriale;
- TMH6 — Special Methods for Testing Roads;
- SABS-spesifikasies, Prosedurekodes en Spesifikasies van die Sentrale standardekomitee;
- British Standards Institute Specifications;
- toetsspesifikasies van die American Society for Testing Materials en
- toetsspesifikasies van die American Society of State Highway and Transportation Officials.

Daar is reeds in die Suid-Afrikaanse padboubedryf, bewys¹ dat 'n groot deel van die algehele varieerbaarheid van die gemete produkeienskappe na die toetsfase van die werk teruggevoer kan word. Dit sal die geval wees tensy daar streng by die standaardtoetsprosedures gehou word en laboratoriumtoerusting gereeld nagegaan word om te verseker dat dit aan die spesifikasies voldoen.

Ten einde die risiko's verbonde aan die foutiewelike aanvaarding of verwerping van padbouwerk te verminder, wanneer dit deur rasionele kwaliteitbeheertegnieke beoordeel word, kan die belangrikheid van gereelde vergelykingstoetse tussen hoof- en satellietlaboratoriums, en gereelde inspeksie van die apparaat en toetsprosedure nie oorbeklemtoon word nie. Rasionele prosedures om die grade van korrelasie tussen laboratoriums te bepaal, is beskikbaar en behoort voorkeur te geniet bo 'n subjektiewe beoordeling deur middel van 'n oorhaastige vergelyking van twee of meer stelle toetsresultate.

Boonop behoort die toetskonsekwentheid van elke tegnikus voortdurende gemoniteer te word deur gereeld ewekansige herhaalbaarheidstoetse op dieselfde materiaal met dieselfde apparaat deur dieselfde tegnikus te laat uitvoer sonder dat hy daarvan bewus is.

4 DIE BEOORDELINGSKEMA

4.1 AANVAARDINGSBEHEER

Daar bestaan verskeie beoordelingskemas wat gebaseer is op algemeen aanvaarde statistiese beginsels wat gebruik kan word om kwaliteitbeheer op 'n rasionele wyse uit te voer.

Een hiervan is gebaseer op die beginsel wat die risiko om 'n onaanvaarbare produk te aanvaar, beheer. In hierdie geval word die kliënt se risiko om so 'n produk verkeerdelik te aanvaar op 'n lae en vaste vlak gehou terwyl die kontrakteur se risiko dat 'n aanvaarbare produk verkeerdelik verwerp word, varieer.

Die skema wat vir gebruik in hierdie land bedoel is en wat in hooftrekke in hierdie afdeling beskryf word, is gebaseer op die aanname dat ons besig is met 'n aanvaarbare produk volgens die spesifikasies. In hierdie geval word die kontrakteur se risiko dat 'n aanvaarbare produk voorwaardelik aanvaar of verwerp word op lae en vaste vlakke gehou, terwyl die kliënt se risiko om 'n onaanvaarbare produk verkeerdelik te aanvaar, varieer. Hierdie beginsel word beskou as die geskikste vir die toepassing van kwaliteitbeheer in padbou.

4.2 SPESIFISERING VAN DIE PRODUKEIENSKAP

Die waarde van die gespesifiseerde produkeienskap waarna die kontrakteur moet mik, kan na aanleiding van die populasiekenmerke, soos in afdeling 3 uiteengesit, soos volg geformuleer word:

Vir 'n ondergrensspesifikasie:

$$\bar{x}_a = L_s + k_\phi \cdot S_n \dots\dots\dots(1)$$

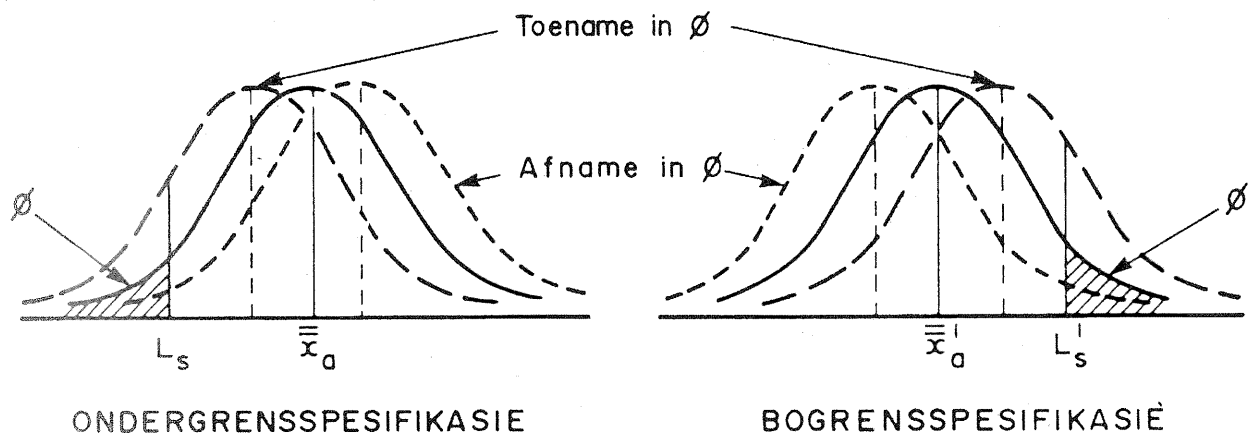
Vir 'n bogrensspesifikasie:

$$\bar{x}_a^I = L_s^I - k_\phi \cdot S_n \dots\dots\dots(2)$$

In hierdie vergelykings is k_ϕ die gestandaardiseerde varieerbaarheid (normaal-verdeling van individuele waardes) wat in verhouding tot ϕ (die persentasie van individuele waardes wat toegelaat word om buite die gespesifiseerde grens te wees) staan, en waarvan die waarde vanaf 'n standaardtabel vir die normaal-verdeling verkry kan word. (Kyk tabel C/2.)

In die geval van 'n produkeienskap met 'n onderste spesifikasiegrens, en indien die werklike vlak van die gemiddelde waarde laer as $\bar{x}_a$ is, sal meer as ϕ persent van die populasie onderkant die spesifikasiegrens wees en sal dit die kans op verwerping verhoog. Indien die werklike vlak van die gemiddelde waarde bokant $\bar{x}_a$ is, sal minder as ϕ persent van die populasie onderkant die spesifikasiegrens wees en sal dit die kans op verwerping verlaag.

Op dieselfde wyse sal die risiko van verwerping in die geval van 'n produkeienskap met 'n boonste spesifikasiegrens toeneem indien die werklike vlak van die gemiddelde waarde bokant $\bar{x}_a$ is en verminder indien die werklike vlak van die gemiddelde onderkant $\bar{x}_a$ is. (Kyk figuur 2.)



FIGUUR 2

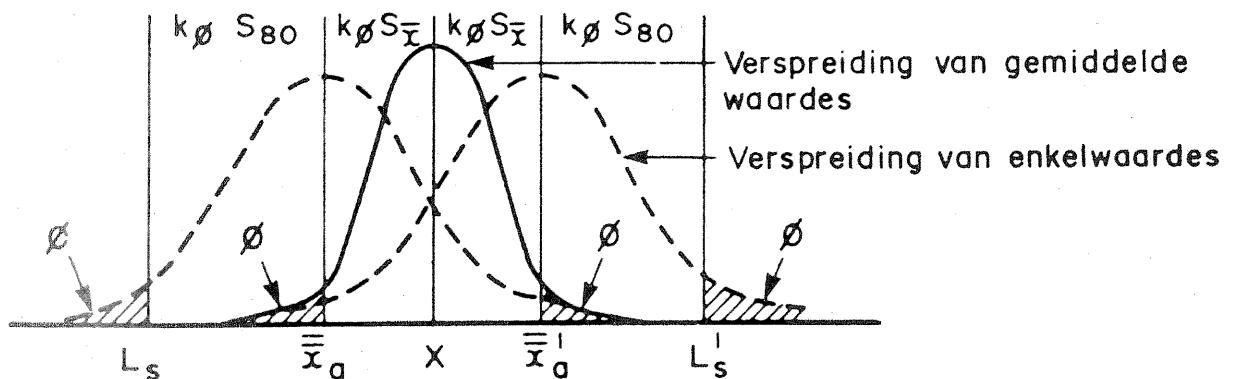
Effek van eienskapvlakke wat bo- of onderkant die vereiste kwaliteitvlak is

Tipiese waardes van ϕ wat verkry is uit data van reeds voltooide konstruksie en wat van aanvaarbare kwaliteit is, word in tabel 2 aangegee.

Dubbelgrensspesifikasie

In die geval van 'n produk waar sowel 'n onderste as 'n boonste grens gespesifiseer word, is daar twee benaderings wat gevolg kan word:

- (a) Die toleransie (d.w.s. helfte van die reikwydte tussen die onderste en die boonste spesifikasiegrens, L_s en L'_s), met betrekking tot die verlangde gemiddelde waarde, X , kan op so 'n wyse bepaal word dat daar voorsiening gemaak word vir die variasie van die gemiddelde vlak van die produkeienskap binne die verlangde gemiddelde asook toegelaat word dat 'n persentasie van die individuele eienskapwaardes buite die spesifikasiegrense lê. (Kyk figuur 3.)



FIGUUR 3

Definisie van die grense van 'n dubbelgrensspesifikasie

In hierdie spesifieke benadering word ϕ deurgaans geneem as 10 persent.

Die twee spesifikasiegrense word dan soos volg geformuleer:

$$L_S = X - k_\phi(S_{80} + S_{\bar{x}}) \dots\dots\dots (3)$$

$$L_S^I = X - k_\phi(S_{80} + S_{\bar{x}}) \dots\dots\dots (4)$$

- (b) Die huidige toleransies, e , word gebruik en die 80ste persentiel van die persentasie van materiaal wat buite die huidige onderste en boonste spesifikasiegrense, ϕ_{80} , val, word in die praktyk bepaal en die waarde van ϕ wat in die spesifikasie gebruik word is gelyk aan 50 persent van ϕ_{80} . (Hierdie waarde is normaalweg groter as 10 persent.)

$$L_S = X - e \dots\dots\dots (5)$$

$$L_S^I = X + e \dots\dots\dots (6)$$

4.3 BEOORDELINGSGRENSE

Die monsterstatistieke, $\bar{x}_n$ en S_n , wat verkry word uit 'n monster van grootte n , word gebruik om die kwaliteit van die produk te beoordeel en om vas te stel of dit aan die spesifikasievereistes voldoen.

Die uitgangspunt van die benadering is om die aanvaardingsgrens van die eienskap, L_a (of L_a^I), op so 'n wyse te definieer, dat 'n produk met 'n werklike gemiddelde eienskapvlak gelyk aan $\bar{x}_a$ (of $\bar{x}_a^I$) slegs 'n klein risiko, α , sal hê om by hierdie grens verkeerd beoordeel te word.

Aangesien die geskatte standaardafwyking van die populasie van die eienskapwaardes met behulp van 'n relatief klein aantal toetsresultate bepaal word, word statistiese verfyningstegnieke gebruik om die waardes van k_a (die veranderlike wat 'n funksie is van ϕ , α en n , en wat gebruik word vir die bepaling van die aanvaardingsgrens L_a) te bepaal, sodat die kliënt se risiko, α_a , so na as prakties moontlik is aan 'n vaste waarde⁵. Die waarde van α_a word normaalweg as 5 persent geneem.

Die aanvaardingsgrense word soos volg gedefinieer:

Ondergrensspesifikasie: $L_a = L_S + k_a \cdot S_n \dots\dots\dots (7)$

Bogrensspesifikasie: $L_a^I = L_S^I - k_a \cdot S_n \dots\dots\dots (8)$

Die lot (produk) wat verteenwoordig word deur 'n monstergemiddelde, $\bar{x}_n$, wat beter is as of gelyk is aan die aanvaardingsgrens(e), word onvoorwaardelik aanvaar.

'n Tweede tipe grens, bekend as die verwerpingsgrens, wat 'n eienskapvlak het wat sodanig is dat die risiko van die kontrakteur, α_r , selfs kleiner is as die 5 persent risiko van α_a , word normaalweg gebruik (alhoewel nie altyd nie). In die praktyk bestaan daar twee benaderings waarvolgens die verwerpingsgrens, L_r , bepaal word.

(a) Die verwerpingsgrens met 'n vaste α_r -risiko-benadering

In hierdie benadering word die verwerpingsgrens op so 'n wyse bereken dat die kontrakteur se risiko, α_r , so naby as prakties moontlik is aan 'n vaste waarde wat laer as α_a is. Die waarde van α_r word normaalweg as 1 persent geneem.

Die verwerpingsgrense word soos volg gedefinieer:

Ondergrensspesifikasie: $L_r = L_s + k_r \cdot S_n$ (9)

Bogrensspesifikasie: $L_r^I = L_s^I - k_r \cdot S_n$ (10)

Die reikwydte van eienskapwaardes tussen die aanvaardings- en verwerpingsgrense, bekend as die voorwaardelike aanvaardingsone, is relatief klein en as die monstergemiddelde van die lot binne hierdie sone lê sal die produk voorwaardelik aanvaar word en word daar normaalweg geen ingenieursoordeel hoegenaamd toegepas nie. Voorwaardes wat van toepassing is op voorwaardelike aanvaarding, word in afdeling 4.5 bespreek.

(b) Die vaste reikwydte of vaste verhoudingbenadering

In hierdie benadering is die reikwydte (R) van eienskapwaardes tussen die aanvaardings- en verwerpingsgrense vasgestel (bv 2 persent vir relatiewe persentasie van verdigting) in welke geval die verwerping soos volg gedefinieer word:

Ondergrensspesifikasie: $L_r = L_a - R$ (11)

Bogrensspesifikasie: $L_r^I = L_a^I + R$ (12)

Die verwerpingsgrens kan ook gelyk wees aan 'n vaste verhouding van die aanvaardingsgrens (bv. $L_r = 0,85L_a$ vir struktuur beton).

Omdat die reikwydte van eienskapwaardes tussen die aanvaardings- en verwerpingsgrense in hierdie benadering relatief groot is, sal lotte met monstergemiddeldes binne hierdie sone ook aan ingenieursoordeel onderwerp word en kan hulle in sommige gevalle voorwaardelik aanvaar en in ander gevalle verwerp word.

Die produk van 'n lot waarvan die gemiddelde $\bar{x}_n$ swakker is as die verwerpsgrens sal in albei benaderings geheel en al verwerp word.

In die geval van dubbele spesifikasiegrense waar die huidige toleransie, e , en 'n groter persentasie, ϕ (tweede benadering), gebruik word, word die gekombineerde α -risiko's by die aanvaardingsgrense en verwerpsgrense beperk tot onderskeidelik 5 en 1 persent, en die waardes wat vir k_a en k_r gebruik word is sodanig dat die waardes van α_a en α_r onderskeidelik 2,5 en 0,5 persent is.

Waardes vir k_a en k_r vir verskillende waardes van ϕ , α en n word in tabel 4 (bladsy 36) aangegee.

Voorbeeld

By die nagaan van die persentasie relatiewe verdigting van 'n keurgrondlaag is die volgende toetsresultate verkry:

94,0 93,8 93,3 95,3

Die waardes vir $\bar{x}_n$ en S_n wat met behulp van 'n rekenaar verkry is, was onderskeidelik 94,100 en 0,8524.

Uit die spesifikasies, is L_S vir keurgrondlaag 93,0 en ϕ 10 persent. Uit tabel 4 ($\phi = 10$ persent, $n = 4$) is $k_a = 0,445$ en $k_r = 0,123$.

$$\begin{aligned} L_a &= L_S + k_a \cdot S_n = 93,0 + 0,445 (0,8524) \\ &= 93,379 \\ \bar{x}_n &> L_a \text{ (aanvaar)} \end{aligned}$$

4.4 PROSESBEHEER

Hierdie tipe beheer word deur die kontrakteur uitgeoefen om te verseker dat die vervaardigingsproses wat toegepas word in kombinasie met die materiaal wat gebruik word, 'n produk sal lewer wat na verwagting aan die gespesifiseerde vereistes sal voldoen. Dit word normaalweg deur middel van prosesbeheerkaarte gedoen waarop die eienskappe van die vervaardigde produk op 'n deurlopende grondslag gedurende die vervaardigingsproses uitgestip word en wat aandui wanneer aanpassings in die proses nodig is om voldoening aan die spesifikasies te verseker. Vir hierdie doel is dit wenslik om verskeie vaste grense op die kaarte te hê, naamlik die verlangde produkgemiddelde, $\bar{x}_a$; 'n waarskuwingsgrens, L_w , wanneer 'n produk van marginale kwaliteit aangedui word; en 'n aksie- of gevaargrens, L_d , wanneer dit hoogs waarskynlik is dat 'n substandaardproduk gelewer gaan word en dit noodsaaklik word om die proses aan te pas.

Alhoewel die beoordelingskema wat vir aanvaardingsbeheer ontwikkel is, ook op prosesbeheer van toepassing is, moet dit anders uiteengesit word om voorsiening te maak vir die vereiste dat die grense op die prosesbeheerkaart vas moet wees. Die aanvaardingsbeheergrense, L_a en L_r , is nie vas in aanvaardingsbeheer nie, aangesien hulle van die monsterstandaardafwyking, S_n , afhang. Daar bestaan verskeie moontlike benaderings soos hieronder uiteengesit.

- (a) Die uitstip van die monstergemiddelde en standaardafwyking op aparte asse op dieselfde kaart

Die aanvaardingsbeheergrense is soos volg:

$$\bar{\bar{x}}_a = L_s + k_\phi \cdot S_n \quad \text{of} \quad \bar{\bar{x}}_a^I = L_s^I - k_\phi \cdot S_n$$

$$L_a = L_s + k_a \cdot S_n \quad \text{of} \quad L_a^I = L_s^I - k_a \cdot S_n$$

$$L_r = L_s + k_r \cdot S_n \quad \text{of} \quad L_r^I = L_s^I - k_r \cdot S_n$$

Die algemene formate van hierdie vergelykings is:

$$\bar{x}_n = L_s + k \cdot S_n \quad \text{of} \quad \bar{x}_n^I = L_s^I - k \cdot S_n$$

$$\bar{x}_n - L_s = k \cdot S_n \quad \text{of} \quad L_s^I - \bar{x}_n^I = k \cdot S_n$$

$$(\bar{x}_n - L_s)/k = S_n \quad \text{of} \quad (L_s^I - \bar{x}_n^I)/k = S_n$$

$$\text{Wanneer } \bar{x}_n = \bar{\bar{x}}_a \quad \text{of} \quad \bar{x}_n^I = \bar{\bar{x}}_a^I \quad \text{dan is } k = k_\phi$$

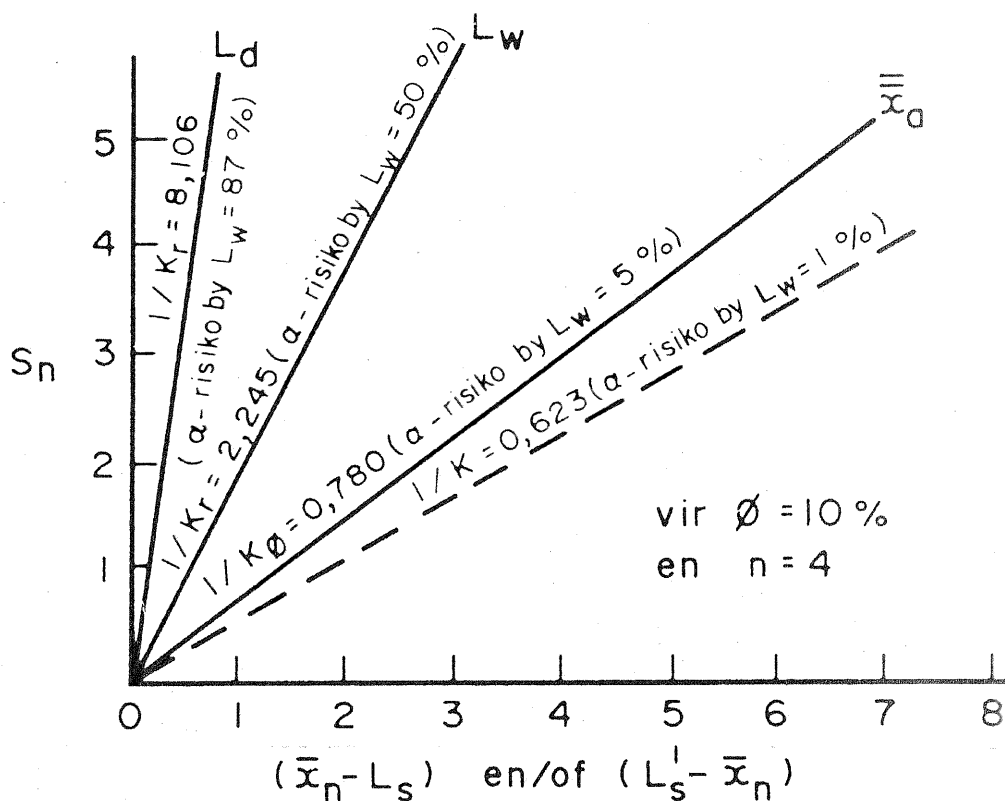
$$\text{Wanneer } \bar{x}_n = L_a \quad \text{of} \quad \bar{x}_n^I = L_a^I \quad \text{dan is } k = k_a$$

$$\text{Wanneer } \bar{x}_n = L_r \quad \text{of} \quad \bar{x}_n^I = L_r^I \quad \text{dan is } k = k_r$$

(slegs vir vaste α_r -risiko)

Ons kan dus 'n kaart uitstip met $(\bar{x}_n - L_s)$ en/of $(L_s^I - \bar{x}_n^I)$ op die horisontale as en S_n op die vertikale as asook beheergrafieke by die oorsprong met hellings gelyk aan $1/k_\phi$ vir $\bar{\bar{x}}_a$, $1/k_a$ vir L_w en $1/k_r$ vir L_d . (Kyk figuur 4.)

Uit figuur 4 blyk dit duidelik dat as die kontrakteur sy risiko by L_w wil beperk tot 5 persent of minder, hy materiaal met gemiddelde eienskapwaardes wat onderkant die lyn vir $\bar{\bar{x}}_a$ lê, sal moet verskaf.



FIGUUR 4

Voorbeeld van 'n prosesbeheerkaart vir enkel- of dubbelgrensspesifikasies

Indien die kontrakteur sy risiko by L_w vanaf 5 persent tot 1 persent vir dieselfde varieerbaarheid wil verminder, dan sal hy tot 'n hoër gemiddelde eienskapvlak (d.w.s. 'n laer waarde vir ϕ) moet werk. As $\phi = 10$ en $n = 4$, is die nuwe waarde vir k_ϕ soos volg:

$$\begin{aligned}
 k_\phi &= k_\phi + (k_a - k_r) \\
 &= 1,282 + (0,445 - 0,123) \\
 &= 1,282 + 0,322 \\
 &= 1,604 \text{ (uit tabel C/2; } \phi = 5,44 \text{ persent)} \\
 1/k_\phi &= 0,623 \text{ (kyk figuur 4)}
 \end{aligned}$$

Op hierdie manier kan die werklike monsterstandaardafwyking, S_n , in aanmerking geneem word terwyl vaste grense vanaf die prosesbeheerkaart verkry word.

Die kontrakteur kan op hierdie kaart duidelik sien wat die onderskeie uitwerkings is van die varieerbaarheid (d.w.s. S_n) en die gemiddelde eienskapwaarde (d.w.s. $\bar{x}_n$) op die totale kwaliteitvlak van die materiaal.

Dit maak dit dus moontlik om die aandag op die regte plek in die toepassing van herstelmaatreëls, te vestig.

- (b) Die uitstip van 'n enkele beheerparameter wat $\bar{x}_n$ en S_n in aanmerking neem

Soos aangedui vir die eerste tipe prosesbeheerkaart, kan die algemene formaat van die vergelyking soos volg geskryf word:

$$\bar{x}_n = S_n + k.S_n \quad \text{of} \quad \bar{x}_n = L_s^I - k.S_n$$

Hierdie vergelyking kan soos volg gerangskik word:

$$(\bar{x}_n - L_s^I)/S_n = k \quad \dots\dots\dots (13)$$

$$\text{or } (L_s^I - \bar{x}_n)/S_n = k \quad \dots\dots\dots (14)$$

Wanneer $\bar{x}_n = \bar{\bar{x}}_a$ or $\bar{x}_n = \bar{\bar{x}}_a^I$ dan is $k = k_\phi$

Wanneer $\bar{x}_n = L_a$ or $\bar{x}_n = L_a^I$ dan is $k = k_a$

Wanneer $\bar{x}_n = L_r$ or $\bar{x}_n = L_r^I$ dan is $k = k_r$
(slegs vir vaste α_r -risiko's)

Ons kan dus nog 'n kaart uitstip met vaste beheervlakke onderskeidelik gelyk aan $\bar{\bar{x}}_a$ (of $\bar{\bar{x}}_a^I$), L_a (of L_a^I) en L_r (of L_r^I) deur k_ϕ , k_a (vir L_w) en k_r (vir L_d) op die vertikale as en die lotte op die horisontale as uit te stip. Deur die waarde van k aan die hand van vergelyking 13 en 14 uit die toetsresultate te bepaal, en dit op die kaart uit te stip, kan ons die algemene kwaliteit van die materiaal uitstip.

Vir ondergrensspesifikasies:
gebruik vergelyking 13 om k te bepaal

Vir bogrensspesifikasies:
gebruik vergelyking 14 om k te bepaal

Vir dubbelgrensspesifikasies:
gebruik vergelyking 13 om k te bepaal wanneer $\bar{x}_n \leq X$ en
gebruik vergelyking 14 om k te bepaal wanneer $\bar{x}_n > X$

Vir 'n voorbeeld van so 'n prosesbeheerkaart, kyk bylae A.

- (c) Die uitstip van afsonderlike prosesbeheerkaarte vir $\bar{x}_n$, S_n en die saamgestelde kwaliteit, Q

Drie afsonderlike grafieke word uitgestip, naamlik vir die monster-gemiddelde, die monsterstandaardafwyking, en die kwaliteitvlak.

Die prosesbeheerkaart vir die monstergemiddelde het die volgende grense:

Onderste spesifikasiegrens (L_S)

$$L_d = X - A_1 \dots\dots\dots (15)$$

$$L_w = X - A_2 \dots\dots\dots (16)$$

Boonste spesifikasiegrens (L_S^I)

$$L_d^I = X_1 + A_1 \dots\dots\dots (17)$$

$$L_w^I = X + A_2 \dots\dots\dots (18)$$

Dubbele spesifikasiegrens (L_S en L_S^I)

$$L_d = X - A_1 \dots\dots\dots (15)$$

$$L_w = X - A_2 \dots\dots\dots (16)$$

$$L_w^I = X + A_2 \dots\dots\dots (17)$$

$$L_d^I = X + A_1 \dots\dots\dots (18)$$

$$\text{waar } A_1 = k_{\alpha/2} \cdot (e / (k_\phi / \sqrt{n}))$$

$$\text{en } A_2 = k_{\alpha'/2} \cdot (e / (k_\phi / \sqrt{n}))$$

waar X = die waarde waarvoor gemik word

$k_{\alpha/2}$ = normaalverdelingskonstante vir $\alpha/2$

$k_{\alpha'/2}$ = normaalverdelingskonstante vir $\alpha'/2$

k_ϕ = normaalverdelingskonstante vir ϕ waar ϕ die persentasie van die populasie is wat buite die spesifikasiegrens toegelaat word

e = vaste toleransie waarvoor toegelaat word (d.w.s. $X - L_S$ of $L_S^I - X$)

Die waardes van α en α' wat deur een owerheid gebruik word, is onderskeidelik 5 persent en 10 persent.

Hierdie waardes is arbitrêr gekies en kan aangepas word.

Die prosesbeheerkaart vir die standaardafwyking het die volgende grense:

$$L_d = S_1 = B_1 \cdot \sigma \dots\dots\dots (19)$$

$$L_S = S_2 = (5 - 2B_4)C_2 \cdot \sigma / 3 \dots\dots\dots (20)$$

$$L_w^I = S_3 = (1 + 2B_4)C_2 \cdot \sigma / 3 \dots\dots\dots (21)$$

$$L_d^I = S_4 = B_2 \cdot \sigma \dots\dots\dots (22)$$

waar B_1 , B_2 , B_4 en C_2 prosesbeheerkonstantes is wat aangegee word in die "ASTM Manual on Quality Control of Materials (1951)" (kyk tabel A/1 in bylae A) en waar σ die standaardafwyking van die populasie is wat geneem word as gelyk aan die volgende:

4.5 VOORWAARDELIKE AANVAARDING

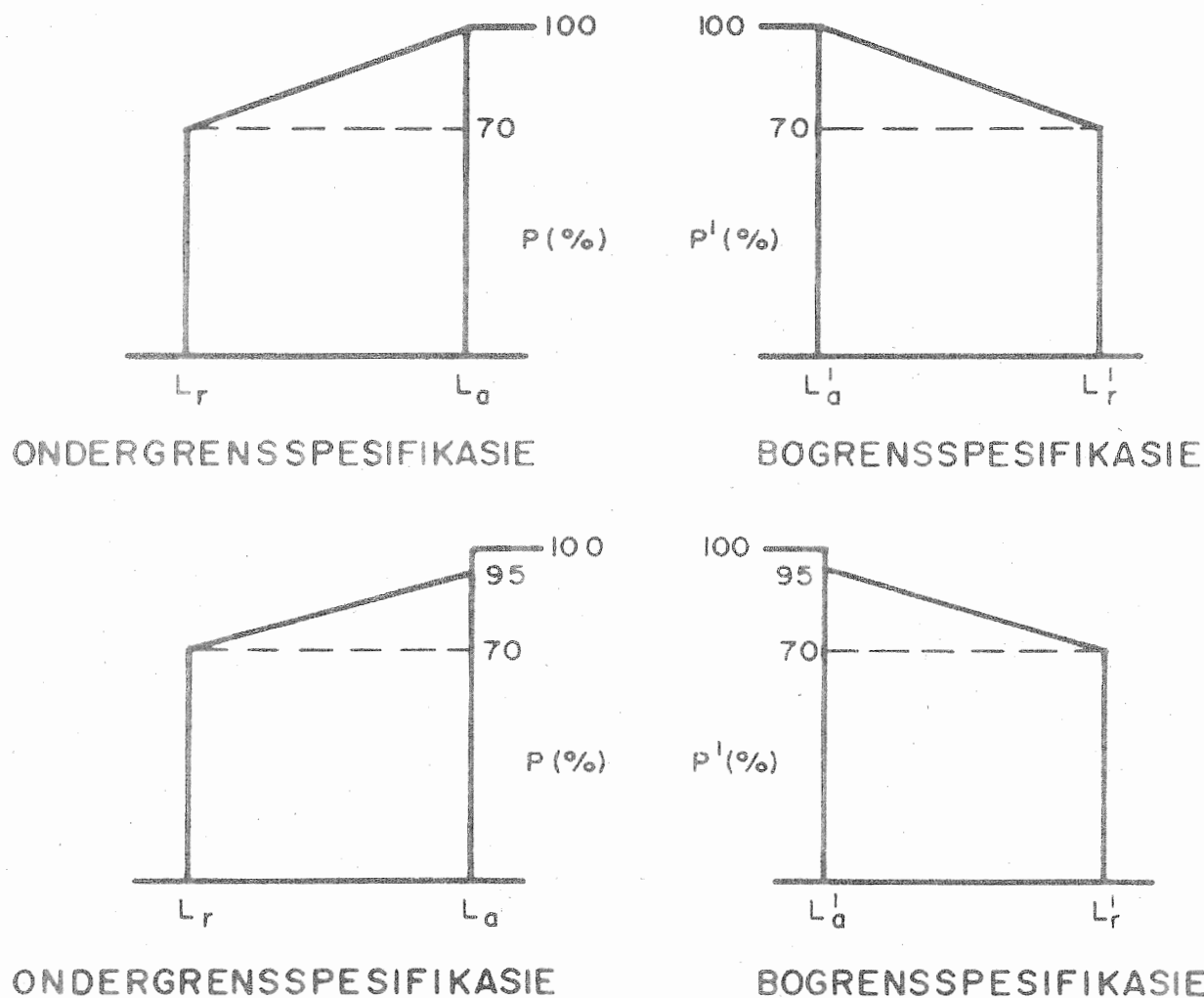
In die verlede was dit die gebruik om die aanvaarbaarheid van 'n produkeienskap by 'n enkele grens te beoordeel. Dit het dikwels aanleiding gegee tot onsekerheid en geskille in gevalle waar die toetsresultate 'n produk van marginale kwaliteit aangedui het.

Daar is verder rede om te glo dat sulke produkte nie die praktiese werkverrigting van die struktuur noemenswaardig sal beïnvloed nie, en dus steeds 'n ekonomiese waar het, alhoewel nie dieselfde as dié van 'n ten volle aanvaarbare produk nie.

Om hierdie redes is 'n klein oorgangsonne ingestel tussen die voorheen gebruikte aanvaardings-/verwerpingsgrens, wat nou bekend is as die aanvaardingsgrens, L_a , en die nuut gedefinieerde verwerpingsgrens, L_r . Wanneer die gemete waarde $\bar{x}_n$ tydens die kwaliteitbeoordeling binne hierdie klein sone lê, sal die materiaal voorwaardelik aanvaar word teen 'n verminderde vergoedingstarief. Die rede vir hierdie verminderde vergoeding is dat die kliënt se risiko om 'n onaanvaarbare produk te aanvaar verhoog het namate die kontrakteur se risiko vir die verwerping van 'n aanvaarbare produk verminder het, en gevolglik was dit noodsaaklik om die kontrakteur te dwing om eerder 'n materiaal van 'n aanvaarbare standaard te lewer deur hom te penaliseer wanneer daar materiaal van marginale kwaliteit geproduseer word. Dit het die voordeel dat die kontrakteur daardeur gewaarsku word dat die produk verbeter moet word ten einde die ernstige koste-uitwerking van algehele verwerping te vermy.

Om as aansporing te dien vir die verbetering van produkte wat volgens die toetse in die voorwaardelike aanvaardingsgebied lê, sal sulke produkte teen verminderde vergoeding aanvaar word. Hierdie verminderde vergoeding sal op 'n lineêre wyse varieer vanaf volle vergoeding of 95 persent vergoeding net buite die aanvaardingsgrense tot 70 persent vergoeding by die verwerpingsgrense (kyk figuur 5). Die kontrakteur mag egter besluit of hy die verminderde vergoeding vir die werk wil aanvaar en of hy die werk oor wil doen. In 'n uitsonderlike geval wanneer die monstergemiddelde van 'n lot buite een van die verwerpingsgrense lê maar daar deur onderlinge ooreenkoms besluit word om die werk op die plek te laat, sal die kontrakteur vergoed word teen 'n koers van 45 tot 50 persent van die tendertarief. Dit sal slegs van toepassing wees op materiale wat nie herbewerkbaar is nie.

Die waarde van die vergoedingsfaktor, P % (of PI %), hang af van die waarde van $\bar{x}_n$, en word aangegee as 'n persentasie van die volle produkkontrakprys.



FIGUUR 5

Voorwaardelike aanvaardingsvergoedingsfaktore

Vir ondergrensspesifikasies is die waarde van die vergoedingsfaktor P :

$$P(\%) = 100 - 30 \left(\frac{L_a - \bar{x}_n}{L_a - L_r} \right) \text{ of } P(\%) = 95 - 25 \left(\frac{L_a - \bar{x}_n}{L_a - L_r} \right)$$

$$\text{vir } 0 < L_a - \bar{x}_n \leq L_a - L_r$$

Vir bogrensspesifikasies is die waarde van die vergoedingsfaktor, P^I :

$$P^I(\%) = 100 - 30 \left(\frac{\bar{x}_n - L_a^I}{L_r^I - L_a^I} \right) \text{ of } P^I(\%) = 95 - 25 \left(\frac{\bar{x}_n - L_a^I}{L_r^I - L_a^I} \right)$$

$$\text{vir } 0 < \bar{x}_n - L_a^I \leq L_r^I - L_a^I$$

Vir dubbelgrensspesifikasies:

$P\%$ en $P^I\%$ is van toepassing by onderskeidelik die onderste en boonste grense.

Voorbeeld

In die beoordeling van die toetsresultate verkry uit 'n lot grondlaagmateriaal, is die volgende waardes verkry:

$$\bar{x}_n = 93,20 \quad L_a = 93,39 \quad L_r = 93,10$$

d.w.s. $L_r < \bar{x}_n < L_a$

aanvaar voorwaardelik

$$\begin{aligned} P(\%) &= 95 - 25 \left(\frac{L_a - \bar{x}_n}{L_a - L_r} \right) \\ &= 95 - 25 \left(\frac{0,19}{0,29} \right) \\ &= 78,6 \, \% \end{aligned}$$

In gevalle waar 'n aantal eienskappe van 'n produk beoordeel word (bv. warmmengasfalt), word die vergoedingsfaktor vir elke eienskap afsonderlik bepaal. Die finale vergoedingsfaktor vir die produk in sy geheel word soos volg bepaal:

$$P = (1-n + \sum_{i=1}^n P_i)$$

waar n = aantal eienskappe waarop 'n vermindering in vergoeding van toepassing is

P_i = afsonderlike waardes van hierdie vergoedingsfaktore uitgedruk as 'n breuk.

Die minimum waarde van P is 0,50 (of 50 persent). Indien die waarde van P minder is as 0,50 verval die keuse van voorwaardelike aanvaarding en die materiaal sal normaalweg verwyder word.

4.6 HERVOORLEGGING⁶

Wanneer 'n lot hervoorgelê word vir geldige redes wat gebaseer is op grondige ingenieursoordeel, of nadat herbewerking van 'n voorwaardelik aanvaarde of verwerpte lot plaasgevind het, behoort 'n nuwe ewekansige monster van n toetswaarnemings weer uit die lot geneem te word. 'n Nuwe monstergemiddelde en standaardafwyking behoort ook bepaal te word.

Ten einde te besluit of daar 'n betekenisvolle verskil is tussen die eerste resultate, $\bar{x}_{nA}$ en S_{nA} , en die nuwe resultate, $\bar{x}_{nB}$ en S_{nB} , behoort die volgende metode toegepas te word. Bepaal eers aan die hand van die F-toets of die standaardafwykings betekenisvol verskil. Indien wel, word die populasies apart gehou. Indien nie, bepaal met behulp van die t-toets, of die gemiddelde

betekenisvol verskil. Indien wel, word die populasies apart gehou. Indien nie, bepaal 'n nuwe gemiddelde waarde en standaardafwyking vir die resultate van die twee monsters gesamentlik en evalueer die lot met hierdie resultate as grondslag. In die geval van klein monstergroottes is die maklikste manier waarvolgens hierdie waardes bereken kan word om 'n sakrekenaar op die gewone manier te gebruik. In die geval van baie groot monstergroottes kan die volgende formules gebruik word:

$$\bar{x}_{n(A+B)} = (n_A \cdot \bar{x}_{nA} + n_B \cdot \bar{x}_{nB}) / (n_A + n_B) \text{ and}$$

$$S_{n(A+B)} = \sqrt{\frac{(n_A - 1)S_{nA}^2 + (n_B - 1)S_{nB}^2 + n_A(\bar{x}_{n(A+B)} - \bar{x}_{nA})^2 + n_B(\bar{x}_{n(A+B)} - \bar{x}_{nB})^2}{n_A + n_B - 1}}$$

Die volgende beoordelingsgrense is dan van toepassing in die geval van 'n ondergrensspesifikasie:

$$L_a = L_s + k_a^I \cdot S_{n(A+B)} \dots\dots\dots (23)$$

$$\text{en } L_r = L_s + k_r^I \cdot S_{n(A+B)} \dots\dots\dots (24)$$

$$\text{waar } k_a^I = k_\phi - \frac{k_{\alpha a} \cdot k_{\alpha r}}{k_{(\alpha^2)} \cdot \sqrt{n(A+B)}}$$

$$\text{en } k_r^I = k_\phi - \frac{k_{\alpha a} \cdot k_{\alpha r}}{k_{(\alpha^2)} \cdot \sqrt{n(A+B)}}$$

Vergelyking 23 en 24 is dieselfde as vergelyking 7 en 9 vir die eerste voorlegging met k_a en k_r onderskeidelik vervang deur k_a^I en k_r^I en S_n vervang deur $S_{n(A+B)}$. Die waardes van k_a^I en k_r^I is ook van toepassing op die bogrens- en dubbelgrensspesifikasies.

Waardes van k_a^I en k_r^I vir verskillende waardes van ϕ , en vir vaste waardes van α_a gelyk aan 5 persent en 2,5 persent en α_r gelyk aan 1 persent en 0,5 persent vir gebruik in kwaliteitbeoordeling tydens hervorlegging, word in tabel 5 aangegee.

Andersins, waar daar 'n betekenisvolle verskil tussen die eerste en tweede monster is, soos bepaal deur die F-toets of t-toets, sal die tweede monster as verteenwoordigend van die lot beskou word wat dan beoordeel moet word asof dit vir die eerste keer voorgelê word.

Die resultaat van die beoordeling van 'n hervoorgelegde lot sal as finaal en bindend op beide die kliënt en kontrakteur beskou word. Met ander woorde, wanneer die beoordeling van die hervoorgelegde lot tot 'n gunstiger beslissing vir die kontrakteur lei, sal hy dienooreenkomstig vergoed word en omgekeerd. In laasgenoemde geval sal daar ook van die kontrakteur verwag word om die koste van die bykomende toetse wat op die hervoorgelegde lot uitgevoer is, te dra.

In tabel 6 word waardes aangegee vir $F_{0,05;v\ell;vs}$ en $t_{0,05;v}$ vir die evaluering van hervoorgelegde lotte.

Voorbeeld

Die spesifikasie spesifiseer 4 persent ruimtes vir 'n warmmengasfalt. Die volgende resultate is vir die eerste voorlegging, (A), en hervoorlegging, (B), verkry:

Ewekansige monster A	1,9	3,2	3,5	3,6	2,0	3,2	1,7	3,1	2,2	2,8
Ewekansige monster B	5,1	4,9	5,8	4,8	4,7	5,6	5,5	6,2		

Die verwerkte resultate is soos volg:

Ewekansige monster	A	B	A + B
$\bar{x}_n$	2,7200	5,3250	3,8778
S_n	0,7068	0,5339	1,4683
n	10	8	18

$$F = S_{\ell}^2 / S_s^2 = (0,7068)^2 / (0,5339)^2 = 1,752$$

waar S_{ℓ} = die standaardafwyking met die groter waarde

en S_s = die standaardafwyking met die kleiner waarde.

Uit tabel 6 kan ons die waarde van $F_{0,05;v\ell;vs}$ verkry

waar $v\ell$ = monstergrootte van monster met die groter standaardafwyking minus een

en vs = monstergrootte van monster met die kleiner standaardafwyking minus een.

$$\begin{aligned} F_{0,05;v\ell;vs} &= F_{0,05;9;7} \\ &= 3,68 \end{aligned}$$

$$F < F_{0,05}$$

Die standaardafwykings verskil nie betekenisvol nie. Ons moet dus verder nagaan:

$$\begin{aligned}
 S &= \sqrt{[(n_A - 1)S_{nA}^2 + (n_B - 1)S_{nB}^2]/(n_A + n_B - 2)} \\
 &= \sqrt{[(9)(0,7068)^2 + (7)(0,5339)^2]/(10 + 8 - 2)} \\
 &= \sqrt{6,4914/16} \\
 &= \sqrt{0,4057} \\
 &= 0,6370
 \end{aligned}$$

$$t = |\bar{x}_{nA} - \bar{x}_{nB}| / S \sqrt{(1/n_A) + (1/n_B)}$$

waar $|\bar{x}_{nA} - \bar{x}_{nB}|$ = die absolute verskil tussen $\bar{x}_{nA}$ en $\bar{x}_{nB}$ (altyd positief)

$$\begin{aligned}
 t &= |2,720 - 5,325| / (0,637) \cdot \sqrt{(1/10) + (1/8)} \\
 &= |2,605| / (0,3022) \\
 &= 8,62
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Vryheidsgrade } v &= n_A + n_B - 2 \\
 &= 10 + 8 - 2 \\
 &= 16
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Uit tabel 6 is } t_{0,05;v} &= t_{0,05;16} \\
 &= 1,75
 \end{aligned}$$

$$t > t_{0,05;v}$$

Die gemiddeldes verskil betekenisvol en gevolglik behoort die populasie afsonderlik geëvalueer te word. Gevolglik word die tweede stel resultate, (B), op die eerste voorleggingskriteria geëvalueer.

4.7 UITSKIETERS

Een toetsresultaat in 'n monster verskil soms aansienlik van die res. Sulke vreemde resultate, of uitskieters⁷, kan voortspruit uit toetsfoute of monsternemingsgebreke en behoort uit die beoordeling van die lot uitgesluit te word.

Wanneer daar vermoed word dat 'n resultaat 'n uitskieter is, kan dit op 'n eenvoudige wyse nagegaan word deur die volgende prosedure te gebruik:

$$\text{Bereken } T_o = \frac{|x_o - \bar{x}_n|}{S_n}$$

waar x_o die waarde van die moontlike uitskieter verteenwoordig.

Vergelyk T_o met die kritieke waarde, T , soos in tabel 7(a) vir verskillende waardes van n aangegee. Wanneer $T_o > T$, moet die toetsresultaat, x_o , as 'n uitskieter beskou word en weggelaat word uit die monster.

In hierdie geval moet 'n bykomende ewekansige toetsresultaat verkry word om die weggelate resultaat in die monster, te vervang. Andersins kan die lot teen die maatstawwe vir $n-1$ waarnemings in die lot beoordeel word, behalwe wanneer $(n-1) < 4$, in welke geval dit verpligtend sal wees om 'n bykomende toetsresultaat te verkry om die monstergrootte tot vier waarnemings te bring.

Indien die toetsresultaat as 'n uitskieter geklassifiseer word, moet daar eers nagegaan word of daar nie êrens 'n fout gemaak is nie. Indien geen sodanige fout opgespoor kan word nie, behoort die seksie wat deur hierdie spesifieke resultaat verteenwoordig word, eerder as 'n afsonderlike lot geëvalueer te word en nie by die oorspronklike lot ingesluit te word nie.

Standaardafwykings wat baie klein is en na nul neig en nie verteenwoordigend is van die ware situasie nie, word soms aangetref. Hierdie verskynsel kan daartoe lei dat 'n "realistiese" waarde as 'n uitskieter geklassifiseer word. Om hierdie rede word 'n "minimum" standaardafwyking in die spesifikasie aangegee. Wanneer die berekende standaardafwyking kleiner is as die minimum standaardafwyking, word die minimum standaardafwyking gebruik in die beoordeling van 'n moontlike uitskieterwaarde.

Die minimum standaardafwyking word aan die hand van die volgende vergelyking, bereken:

$$S_{\min} = \sqrt{\frac{\chi^2_{0,99;n-1}}{n-1}} \cdot S_n$$

waar n = monstergrootte

$\bar{S}_n$ = die gemiddelde waarde vir die standaardafwyking vir die besondere eienskap soos in vorige kontrakte bepaal.

$\chi^2_{0,99;n-1}$ = $\chi^2_{0,99}$ - waarde vir $(n-1)$ vryheidsgrade waarvan die waarde in enige statistiekhandleiding gevind kan word.

Voorbeeld

Die volgende toetsresultate is verkry met die bepaling van die relatiewe verdigtingspersentasie van 'n laag opvulmateriaal:

91,0 90,3 96,0 90,8

Die waarde 96,0 verskil aansienlik van die ander waardes en moet nagegaan word om vas te stel of dit 'n uitskieter is of nie.

$$\bar{x}_n = 92,025$$

$$S_n = 2,6663$$

$$\begin{aligned} T_o &= |x_o - \bar{x}_n| / S_n \\ &= |96,0 - 92,025| / 2,6663 \\ &= 1,4908 \end{aligned}$$

Uit tabel 7(a) is $T_o = 1,463$

Aangesien $T_o > T_4$, skrap $x_o = 96,0$

Vir die oorblywende toetsresultate is $x_n = 90,7$ en $S_n = 0,3606$

Die waarde van die toetsresultaat wat die grootste absolute verskil met hierdie gemiddelde toon, is 90,3.

$$T_o = |90,7 - 90,3| / 0,3606 = 1,1094$$

$$T_3 = 1,153$$

$$T_o < T_3$$

Daar is geen verdere uitskieters nie en die toetsresultate kan nou op die normale wyse beoordeel word. Aangesien $(n-1) < 4$, moet 'n bykomende monster getoets word.

In nog 'n benadering wat in die praktyk toegepas word, word die waarde van die ware standaardafwyking van die populasie, σ , benodig. Normaalweg word σ geneem as die mediaanwaarde van historiese data (d.w.s. $\bar{S}_n$). Die moontlikheid bestaan dus dat die waardes van σ vir verskillende produkeienskappe, in die toekoms aangepas kan word namate nuwe data beskikbaar word.

Ten einde te bepaal of 'n besondere waarde 'n uitskieter is, word die volgende gedoen:

$$C_o = |x_o - \bar{x}_n|$$

waar x_o die moontlike uitskieter verteenwoordig.

Vergelyk C_o met die kritieke waarde $C_{0,01;n \cdot \sigma}$

Indien $C_o > C_{0,01;n \cdot \sigma}$ dan moet die toetsresultaat, x_o , beskou word as 'n uitskieter en uit die monster weggelaat word. Waardes vir $C_{0,01;n}$ vir verskillende n -waardes word in tabel 7(b) aangegee.

4.8 BEDUIDENHEID VAN WAARDES

Volgens die "Fouteteorie" word die akkuraatheid van 'n resultaat beïnvloed deur die akkuraatheid van individuele metings. Dit sal van eienskap tot eienskap verskil. Hierdie verskil sal die beduidenheid van die aantal desimale waarin die antwoorde aangegee word, beïnvloed. Daar word uit 'n praktiese oogpunt aanbeveel dat die waardes van alle beoordelingsgrense (aanvaardings- en verwerpingsgrense) sowel as die monstergemiddelde afgerond word tot die derde desimale plek alvorens die finale beoordeling gedoen word.

5. PRAKTIESE TOEPASSING

Kwaliteitbeheer is 'n onmisbare vereiste vir die versekering van bevredigende werkverrigting van paaie en vereis oorweging en toepassing in alle fases. Aangesien dit die ontwerp-, bou- en instandhoudingsfases insluit, word dit die gesamentlike verantwoordelikheid van beide die kliënt en die kontrakteur. Die onderskeie wisselwerkende aspekte van kwaliteitbeheer waarby beide die kliënt en die kontrakteur betrokke is, word diagrammaties in figuur 6 aangetoon.

Die verskillende aspekte wat betrekking het op die praktiese toepassing van kwaliteitbeheer, soos in figuur 6 opgesom, word hieronder bespreek.

5.1 DIE ALGEMENE DATABRON

'n Databron bevat inligting wat verkry is van 'n verskeidenheid voltooide kontrakte wat op verskillende plekke onderneem is en word gebruik as agtergronddata vir die spesifikasie en implementering van kwaliteitbeheer soos in hierdie dokument uiteengesit. Die meeste owerhede beskik oor hul eie databronne waaruit hulle die vereiste inligting kan verkry.

Inligting wat uit kontrakte bepaal is voor die implementering van die statistiese benadering, word in hierdie afdeling aangegee vir gebruik by gebrek aan meer toepaslike data:

- (a) ϕ , $S_{\bar{x}}$ en S_{g0} : waardes van hierdie parameters word in tabel 2 aangegee.
- (b) Lotgrootte en monstergrootte, n : waardes van hierdie parameters word in tabel 3 aangegee.

5.2 PROSESBEHEERKAARTE

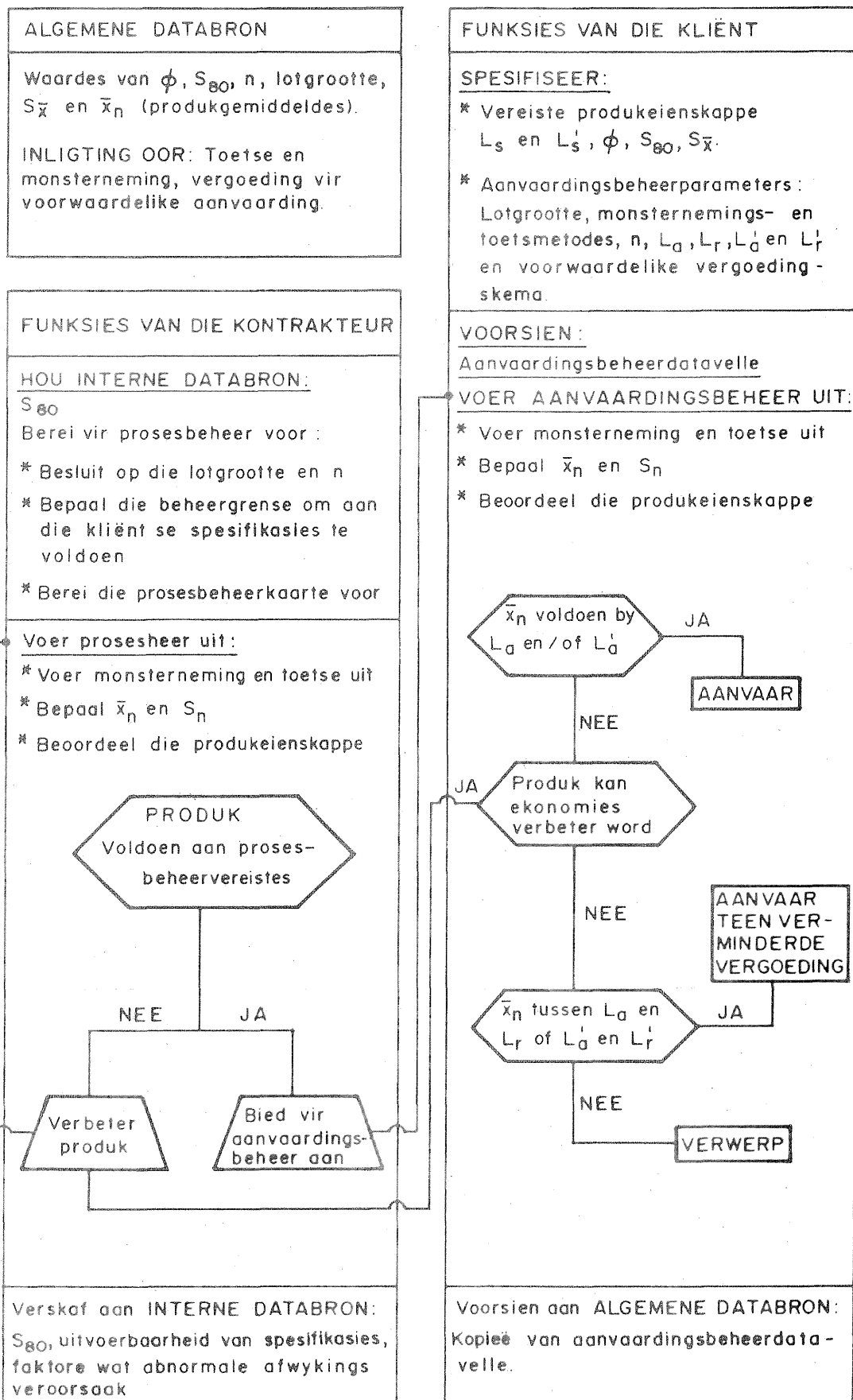
Voorbeelde van die aanbevole prosesbeheerkaarte vir al drie tipes spesifikasies word in bylae A aangegee. 'n Tipiese standaardspesifikasie vir aanvaardingsbeheer word in bylae B aangegee.

Bykomende inligting oor ewekansige monsternommers, tabel C/1, en konstantes van 'n normaalverdeling, tabel C/2, word in bylae C aangegee.

TABEL 2

Waardes van ϕ , $S_{\bar{x}}$ en S_{80} soos bepaal uit voltooide konstruksiedata

Laag	Eienskap	$\phi(\%)$	$S_{\bar{x}}$	S_{80}
Opvulling	Relatiewe verdigting	5	-	-
Keurgrondlaag	Relatiewe verdigting	10	-	-
Stutlaag	Relatiewe verdigting	15	-	-
Sementerende bindstofinhoud (indien gestabiliseer)		10	-	-
Asfaltkroonlaag	Relatiewe verdigting	15	-	-
	Bitumineuse bindmiddelinhoud (aaneengradering)	10	0,0976	0,2145
	Bitumineuse bindmiddel (spronggradering)	10	0,1204	0,3087
	Gradering < 19,00 mm	10	1,8190	3,3305
	< 4,75 mm	10	1,7088	3,1286
	< 0,300 mm	10	1,2874	2,3406
	< 0,075 mm	10	0,4379	1,1225
Asfaltdeklaag	Relatiewe verdigting	15	-	-
	Bitumineuse bindmiddelinhoud (aaneengradering)	10	0,0976	0,2145
	Bitumineuse bindmiddelinhoud (spronggradering)	10	0,1204	0,3087
	Gradering < 9,5 mm	10	1,8190	3,3305
	< 2,36 mm	10	1,5726	2,8697
	< 0,300 mm	10	1,2874	2,3406
	< 0,075 mm	10	0,4379	1,1225
Beton	Kubusvergruisingsterkte	5	-	-



FIGUUR 6

Wisselwerkende aspekte van kwaliteitbeheer

TABEL 3*Tipiese lot- en monstergroottes wat in die praktyk gebruik word*

Onderdeel	Eienskap	Lotgrootte	n
Opvullings (> 2 m hoogte)	Digtheid en dikte	1 800-12 000 m ³	4
Opvullings (< 2 m hoogte)	Digtheid en dikte	12 000 m ² *	4
Deurgrawings (boonste 150-mm-laag)	Digtheid en dikte	12 000 m ²	4
Keurgrondlaag	Digtheid en dikte	6 000-12 000 m ²	4
Stutlaag	Digtheid en dikte	9 000-18 000 m ²	6
Natuurlike gruiskroonlaag	Digtheid en dikte	9 000 m ²	6
Gebreekte- klipkroonlaag	Digtheid en dikte	6 000-9 000 m ²	6
Keurgrondlaag	Sementerende bindstofinhoud (indien gestabiliseer)	10 000 m ²	20
Stutlaag	Sementerende bindstofinhoud (indien gestabiliseer)	10 000 m ²	20
Natuurlike gruiskroonlaag	Sementerende bindstofinhoud (indien gestabiliseer)	10 000 m ²	20
Gebreekte- klipkroonlaag	Sementerende bindstofinhoud (indien gestabiliseer)	10 000 m ²	20
Opvullings (> 2 m hoogte)	Aanwysertoetse	5 400-12 000 m ²	4
Opvullings (< 2 m hoogte)	Aanwysertoetse	12 000-36 000 m ²	4
Deurgrawings (boonste 150-mm-laag)	Aanwysertoetse	12 000-36 000 m ²	4
Keurgrondlaag	Aanwysertoetse	12 000-30 000 m ²	4
Stutlaag	Aanwysertoetse	18 000-22 500 m ²	6
Natuurlike gruiskroonlaag	Aanwysertoetse	9 000-22 500 m ²	6
Gebreekte- klipkroonlaag	Aanwysertoetse	9 000 m ² - 600 m ³ **	6

* Laagdikte wissel vanaf 0,3 m tot 0,15 m

** Getoets voor bewerking op pad

TABEL 3 (vervolg)

Onderdeel	Eienskap	Lotgrootte	n
Keurgrondlaag	KDV (uitgesonderd sementgestabiliseerde lae)	20 000-30 000 m ²	4
Stutlaag	KDV (uitgesonderd sementgestabiliseerde lae)	12 000-15 000 m ²	4
Opvullings (> m hoogte)	KDV (uitgesonderd sementgestabiliseerde lae)	20 000 m ³	4
Natuurlike ,gruiskroonlaag	KDV (uitgesonderd sementgestabiliseerde lae)	15 000 m ²	4
Natuurlike gruiskroonlaag	Druksterkte (sementgestabiliseerd)	15 000 m ²	4
Gebreekte- klipkroonlaag	Druksterkte (sementgestabiliseerd)	18 000 m ²	4
Asfaltkroonlaag	Digtheid	6 000***-12 000 m ²	6
	Gradering en bitumineuse bindmiddelinhoud	800 metr. t	8
Asfaltdeklaag	Digtheid	6 000***-12 000 m ²	6
	Gradering en bitumineuse bindmiddelinhoud)	400-800 metr. t	8
Beton	Kubusvergruisingsterkte	0-75 m ³	6(x3)
	Kubusvergruisingsterkte	75,1-150 m ³	8(x3)
	Kubusvergruisingsterkte	150+ m ³	10(x3)

*** Digtheid bepaal vanaf boorkerns

TABEL 4

Waardes van k_a en k_r (eerste voorlegging)

α	$\phi = 5\%$						$\phi = 10\%$						$\phi = 15\%$						$\phi = 20\%$					
	5,0	2,5	1,0	0,5	5,0	2,5	5,0	2,5	1,0	0,5	5,0	2,5	5,0	2,5	1,0	0,5	5,0	2,5	1,0	0,5	5,0	2,5	1,0	0,5
n	k_a	k_a^o	k_r	k_r^o	k_a	k_a^o	k_r	k_r^o	k_a	k_a^o	k_r	k_r^o	k_a	k_a^o	k_r	k_r^o	k_a	k_a^o	k_r	k_r^o	k_a	k_a^o	k_r	k_r^o
3	0,644	0,483	0,298	0,165	0,338	0,161	-0,074	-0,291	0,096	-0,116	-0,486	***	-0,132	-0,417	***	***	-0,132	-0,417	***	***	-0,132	-0,417	***	***
4	0,747	0,605	0,446	0,338	0,445	0,299	0,123	-0,007	0,220	0,061	-0,148	-0,324	-0,021	-0,161	-0,427	-0,324	-0,021	-0,161	-0,427	-0,324	-0,021	-0,161	-0,427	-0,324
5	0,821	0,691	0,547	0,451	0,520	0,390	0,238	0,132	0,300	0,163	-0,004	-0,130	0,111	-0,038	-0,231	-0,130	0,111	-0,038	-0,231	-0,130	0,111	-0,038	-0,231	-0,130
6	0,878	0,756	0,622	0,534	0,576	0,456	0,320	0,226	0,358	0,235	0,089	-0,016	0,173	0,043	-0,118	-0,016	0,173	0,043	-0,118	-0,016	0,173	0,043	-0,118	-0,016
7	0,923	0,809	0,682	0,600	0,620	0,509	0,382	0,296	0,403	0,290	0,158	0,065	0,221	0,103	-0,040	0,065	0,221	0,103	-0,040	0,065	0,221	0,103	-0,040	-0,144
8	0,961	0,852	0,732	0,653	0,656	0,551	0,432	0,352	0,440	0,334	0,211	0,126	0,259	0,150	0,020	0,126	0,259	0,150	0,020	0,126	0,259	0,150	0,020	-0,073
9	0,993	0,888	0,773	0,698	0,687	0,587	0,474	0,398	0,470	0,370	0,255	0,176	0,290	0,188	0,067	0,176	0,290	0,188	0,067	0,176	0,290	0,188	0,067	-0,017
10	1,020	0,919	0,809	0,736	0,713	0,617	0,509	0,437	0,496	0,401	0,292	0,217	0,316	0,220	0,107	0,217	0,316	0,220	0,107	0,217	0,316	0,220	0,107	0,028
12	1,065	0,971	0,867	0,800	0,755	0,666	0,567	0,500	0,538	0,451	0,351	0,283	0,359	0,271	0,169	0,283	0,359	0,271	0,169	0,283	0,359	0,271	0,169	0,099
14	1,101	1,012	0,914	0,850	0,789	0,706	0,612	0,550	0,751	0,489	0,397	0,334	0,392	0,311	0,216	0,334	0,392	0,311	0,216	0,334	0,392	0,311	0,216	0,152
16	1,131	1,046	0,952	0,891	0,817	0,738	0,649	0,590	0,598	0,521	0,434	0,375	0,419	0,342	0,255	0,375	0,419	0,342	0,255	0,375	0,419	0,342	0,255	0,195
18	1,155	1,074	0,985	0,926	0,840	0,764	0,680	0,624	0,621	0,547	0,465	0,409	0,441	0,369	0,286	0,409	0,441	0,369	0,286	0,409	0,441	0,369	0,286	0,230
20	1,177	1,099	1,013	0,956	0,860	0,787	0,707	0,653	0,640	0,570	0,491	0,438	0,460	0,391	0,313	0,438	0,460	0,391	0,313	0,438	0,460	0,391	0,313	0,259
30	1,252	1,185	1,111	1,062	0,929	0,867	0,799	0,753	0,706	0,647	0,581	0,537	0,525	0,468	0,403	0,537	0,525	0,468	0,403	0,537	0,525	0,468	0,403	0,359
40	1,298	1,239	1,172	1,128	0,971	0,917	0,856	0,815	0,746	0,695	0,636	0,597	0,565	0,515	0,458	0,597	0,565	0,515	0,458	0,597	0,565	0,515	0,458	0,419
50	1,331	1,276	1,215	1,175	1,001	0,951	0,896	0,859	0,775	0,728	0,675	0,639	0,592	0,547	0,495	0,639	0,592	0,547	0,495	0,639	0,592	0,547	0,495	0,461
60	1,355	1,305	1,248	1,211	1,023	0,977	0,926	0,891	0,796	0,753	0,704	0,671	0,613	0,571	0,523	0,671	0,613	0,571	0,523	0,671	0,613	0,571	0,523	0,492
70	1,375	1,327	1,274	1,239	1,041	0,998	0,949	0,917	0,812	0,772	0,726	0,695	0,629	0,590	0,545	0,695	0,629	0,590	0,545	0,695	0,629	0,590	0,545	0,516
80	1,391	1,346	1,295	1,262	1,055	1,015	0,969	0,938	0,826	0,788	0,745	0,716	0,642	0,605	0,563	0,716	0,642	0,605	0,563	0,716	0,642	0,605	0,563	0,535
90	1,404	1,361	1,313	1,281	1,067	1,029	0,985	0,956	0,837	0,801	0,760	0,732	0,652	0,618	0,578	0,732	0,652	0,618	0,578	0,732	0,652	0,618	0,578	0,552
100	1,415	1,374	1,328	1,298	1,077	1,041	0,999	0,971	0,847	0,812	0,773	0,746	0,662	0,629	0,591	0,746	0,662	0,629	0,591	0,746	0,662	0,629	0,591	0,566

^o Word saam met die tweede skema vir dubbele spesifikasiegrens gebruik

*** Waardes van hierdie konstantes is denkbeeldig en kan nie bereken word nie

TABEL 5

Waardes k_a^I en k_f^I (tweede voorlegging)

α	$\varphi = 5\%$						$\varphi = 10\%$						$\varphi = 15\%$						$\varphi = 20\%$					
	k_a^I		k_a^{I*}		k_f^I		k_a^I		k_a^{I*}		k_f^I		k_a^I		k_a^{I*}		k_f^I		k_a^I		k_a^{I*}		k_f^I	
	5,0	2,5	1,0	0,5	5,0	2,5	1,0	0,5	5,0	2,5	1,0	0,5	5,0	2,5	1,0	0,5	5,0	2,5	1,0	0,5	5,0	2,5	1,0	0,5
$n(A+B)$	k_a^I	k_a^{I*}	k_f^I	k_f^I	k_a^I	k_a^{I*}	k_f^I	k_f^I	k_a^I	k_a^{I*}	k_f^I	k_f^I	k_a^I	k_a^{I*}	k_f^I	k_f^I	k_a^I	k_a^{I*}	k_f^I	k_f^I	k_a^I	k_a^{I*}	k_f^I	k_f^I
6	1,225	1,137	1,051	0,977	0,862	0,773	0,688	0,614	0,616	0,528	0,443	0,369	0,422	0,334	0,248	0,174								
7	1,256	1,174	1,095	1,027	0,893	0,811	0,732	0,663	0,648	0,566	0,487	0,418	0,453	0,371	0,292	0,223								
8	1,281	1,205	1,131	1,066	0,918	0,842	0,767	0,703	0,673	0,596	0,522	0,458	0,478	0,402	0,327	0,263								
9	1,302	1,230	1,160	1,100	0,939	0,867	0,797	0,736	0,694	0,622	0,552	0,491	0,499	0,427	0,357	0,297								
10	1,319	1,251	1,185	1,128	0,956	0,888	0,822	0,764	0,711	0,643	0,576	0,519	0,516	0,448	0,382	0,324								
11	1,335	1,270	1,206	1,152	0,971	0,906	0,843	0,788	0,726	0,661	0,598	0,543	0,532	0,466	0,403	0,349								
12	1,348	1,286	1,225	1,173	0,985	0,922	0,862	0,809	0,740	0,677	0,616	0,564	0,545	0,482	0,422	0,370								
13	1,360	1,300	1,241	1,191	0,996	0,936	0,878	0,828	0,751	0,691	0,633	0,583	0,556	0,497	0,438	0,388								
14	1,370	1,312	1,256	1,208	1,007	0,949	0,893	0,844	0,762	0,704	0,648	0,599	0,567	0,509	0,453	0,405								
15	1,379	1,323	1,269	1,222	1,016	0,960	0,906	0,859	0,771	0,715	0,661	0,614	0,576	0,520	0,466	0,419								
16	1,388	1,334	1,281	1,236	1,024	0,971	0,918	0,873	0,779	0,725	0,673	0,628	0,585	0,531	0,478	0,433								
17	1,395	1,343	1,292	1,248	1,032	0,980	0,929	0,885	0,787	0,735	0,684	0,640	0,592	0,540	0,489	0,445								
18	1,402	1,351	1,302	1,259	1,039	0,988	0,939	0,896	0,794	0,743	0,694	0,651	0,599	0,548	0,499	0,456								
19	1,409	1,359	1,311	1,270	1,046	0,996	0,948	0,906	0,800	0,751	0,703	0,661	0,606	0,556	0,508	0,466								
20	1,415	1,367	1,319	1,279	1,052	1,003	0,956	0,916	0,806	0,758	0,711	0,671	0,612	0,563	0,516	0,476								
22	1,425	1,379	1,335	1,296	1,062	1,016	0,972	0,933	0,817	0,771	0,726	0,688	0,622	0,576	0,532	0,493								
24	1,435	1,391	1,348	1,311	1,072	1,028	0,985	0,948	0,827	0,782	0,740	0,703	0,632	0,588	0,545	0,508								
26	1,443	1,401	1,360	1,324	1,080	1,038	0,996	0,961	0,835	0,792	0,751	0,716	0,640	0,598	0,556	0,521								
28	1,450	1,410	1,370	1,336	1,087	1,046	1,007	0,973	0,842	0,801	0,762	0,727	0,647	0,607	0,567	0,533								
30	1,457	1,418	1,379	1,346	1,094	1,054	1,016	0,983	0,849	0,809	0,771	0,738	0,654	0,615	0,576	0,543								
40	1,482	1,448	1,415	1,386	1,119	1,085	1,052	1,023	0,874	0,840	0,807	0,778	0,679	0,645	0,612	0,583								
50	1,499	1,469	1,439	1,414	1,136	1,106	1,076	1,050	0,891	0,860	0,831	0,805	0,696	0,666	0,636	0,610								
60	1,512	1,484	1,457	1,434	1,149	1,121	1,094	1,071	0,904	0,876	0,849	0,825	0,709	0,681	0,654	0,631								
70	1,522	1,496	1,471	1,449	1,159	1,133	1,108	1,086	0,914	0,888	0,863	0,841	0,719	0,693	0,668	0,646								
80	1,530	1,506	1,482	1,462	1,167	1,143	1,119	1,100	0,921	0,897	0,874	0,854	0,727	0,703	0,679	0,659								
90	1,536	1,514	1,492	1,472	1,173	1,150	1,128	1,109	0,928	0,905	0,883	0,864	0,733	0,711	0,688	0,669								
100	1,542	1,520	1,499	1,481	1,179	1,157	1,136	1,118	0,934	0,912	0,891	0,873	0,739	0,717	0,696	0,678								

* Word saam met tweede skema vir dubbele spesifikasiegrense gebruik

$$k_a^I = k_\phi - \frac{k_{aa} \cdot k_{ar}}{k_{(ar)^2} \sqrt{n(A + B)}}$$

$$*k_{aa} = 1,960 \quad (\alpha_a = 2,5 \%)$$

$$k_r^I = k_\phi - \frac{(k_{ar})^2}{k_{(ar)^2} \sqrt{n(A + B)}}$$

$$*k_{ar} = 2,576 \quad (\alpha_r = 0,5 \%)$$

$$k_{aa} = 1,645 \quad (\alpha_a = 5 \%)$$

$$*k_{(ar)^2} = 4,056 \quad (\alpha_r^2 = 0,0025 \%)$$

$$k_{ar} = 2,326 \quad (\alpha_r = 1 \%)$$

$$k_{(ar)^2} = 3,719 \quad (\alpha_r^2 = 0,01 \%)$$

*Word saam met tweede skema vir dubbele spesifikasiegrense gebruik

TABEL 6

Waardes $F_{0,05;v_f;v_s}$ en $t_{0,05;v}$ vir die evaluering van hervoorgelegde lotte

$t_{0.05;v}$		$F_{0.05;v_f;v_s}$																													
		v_f	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	22	24	26	28	30				
6.314	1	161	200	216	225	230	234	237	239	241	242	243	244	245	245	246	246	247	247	248	248	249	249	249	249	250	250				
2.920	2	18.5	19.0	19.2	19.2	19.3	19.3	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5				
2.353	3	10.1	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.76	8.74	8.73	8.71	8.70	8.69	8.68	8.67	8.67	8.66	8.65	8.64	8.63	8.62	8.62					
2.132	4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.94	5.91	5.89	5.87	5.86	5.84	5.83	5.82	5.81	5.80	5.79	5.77	5.76	5.75	5.75					
2.015	5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.70	4.68	4.66	4.64	4.62	4.60	4.59	4.58	4.57	4.56	4.54	4.53	4.52	4.50	4.50					
1.943	6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.03	4.00	3.98	3.96	3.94	3.92	3.91	3.90	3.88	3.87	3.86	3.84	3.83	3.82	3.81					
1.895	7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.60	3.57	3.55	3.53	3.51	3.49	3.48	3.47	3.46	3.44	3.43	3.41	3.40	3.39	3.38					
1.860	8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.31	3.28	3.26	3.24	3.22	3.20	3.19	3.17	3.16	3.15	3.13	3.12	3.10	3.09	3.08					
1.833	9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.10	3.07	3.05	3.03	3.01	2.99	2.97	2.96	2.95	2.94	2.92	2.90	2.89	2.87	2.86					
1.812	10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.94	2.91	2.89	2.86	2.85	2.83	2.81	2.80	2.78	2.77	2.75	2.74	2.72	2.71	2.70					
1.796	11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.82	2.79	2.76	2.74	2.72	2.70	2.69	2.67	2.66	2.65	2.63	2.61	2.59	2.58	2.57					
1.782	12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.72	2.69	2.66	2.64	2.62	2.60	2.58	2.57	2.56	2.54	2.52	2.51	2.49	2.48	2.47					
1.771	13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.63	2.60	2.58	2.55	2.53	2.51	2.50	2.48	2.47	2.46	2.44	2.42	2.41	2.39	2.38					
1.761	14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.57	2.53	2.51	2.48	2.46	2.44	2.43	2.41	2.40	2.39	2.37	2.35	2.33	2.32	2.31					
1.753	15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.51	2.48	2.45	2.42	2.40	2.38	2.37	2.35	2.34	2.33	2.31	2.29	2.27	2.26	2.25					
1.746	16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.46	2.42	2.40	2.37	2.35	2.33	2.32	2.30	2.29	2.28	2.25	2.24	2.22	2.21	2.19					
1.740	17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.41	2.38	2.35	2.33	2.31	2.29	2.27	2.26	2.24	2.23	2.21	2.19	2.17	2.16	2.15					
1.734	18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.37	2.34	2.31	2.29	2.27	2.25	2.23	2.22	2.20	2.19	2.17	2.15	2.13	2.12	2.11					
1.729	19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.34	2.31	2.28	2.26	2.23	2.21	2.20	2.18	2.17	2.16	2.13	2.11	2.10	2.08	2.07					
1.725	20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.31	2.28	2.25	2.22	2.20	2.18	2.17	2.15	2.14	2.12	2.10	2.08	2.07	2.05	2.04					
1.721	21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.28	2.25	2.22	2.20	2.18	2.16	2.14	2.12	2.11	2.10	2.07	2.05	2.04	2.02	2.01					
1.717	22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.26	2.23	2.20	2.17	2.15	2.13	2.11	2.10	2.08	2.07	2.05	2.03	2.01	2.00	1.98					
1.714	23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.23	2.20	2.18	2.15	2.13	2.11	2.09	2.07	2.06	2.05	2.02	2.00	1.99	1.97	1.96					
1.711	24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.21	2.18	2.15	2.13	2.11	2.09	2.07	2.05	2.04	2.03	2.00	1.98	1.97	1.95	1.94					
1.708	25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.20	2.16	2.14	2.11	2.09	2.07	2.05	2.04	2.02	2.01	1.98	1.96	1.95	1.93	1.92					
1.706	26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.18	2.15	2.12	2.09	2.07	2.05	2.03	2.02	2.00	1.99	1.97	1.95	1.93	1.91	1.90					
1.703	27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.17	2.13	2.10	2.08	2.06	2.04	2.02	2.00	1.99	1.97	1.95	1.93	1.91	1.90	1.88					
1.701	28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.15	2.12	2.09	2.06	2.04	2.02	2.00	1.99	1.97	1.96	1.93	1.91	1.90	1.88	1.87					
1.699	29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.14	2.10	2.06	2.05	2.03	2.01	1.99	1.97	1.96	1.94	1.92	1.90	1.88	1.87	1.85					
1.697	30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.13	2.09	2.06	2.04	2.01	1.99	1.98	1.96	1.95	1.93	1.91	1.89	1.87	1.85	1.84					

TABEL 7 (a)*Kritieke waardes van T vir verskillende monstergroottes, n⁷*

Aantal waarnemings		Kritieke waarde
n		T
3		1,153
4		1,463
5		1,672
6		1,822
7		1,938
8		2,032
9		2,110
10		2,176
11		2,234
12		2,285
13		2,331
14		2,371
15		2,409
16		2,443
17		2,475
18		2,504
19		2,532
20		2,557
21		2,580
22		2,603
23		2,624
24		2,644
25		2,663
30		2,745
35		2,811
40		2,866
45		2,914
50		2,956
60		3,025
70		3,082
80		3,130
90		3,171
100		3,207

TABEL 7 (b)

Waardes van $C_{0,01;n}$ vir verskillende monstergroottes, n^B

n	$C_{0,01;n}$
3	2,22
4	2,43
5	2,57
6	2,68
7	2,76
8	2,83
9	2,88
> 9	2,90

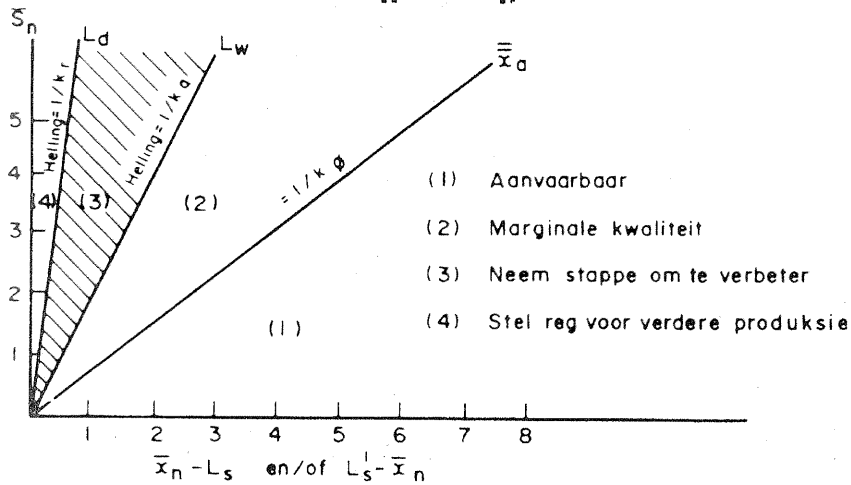
VERWYSINGS

- 1 MITCHELL, M F en SMITH, R A F. Quality assurance: whose responsibility? *Handelinge van die 2nd Conference on Asphalt Pavements for Southern Africa*, Durban, 1974.
- 2 KÜHN, S H. *Gehaltebeheer in padbou*. NIVPN-bulletin nr 11 (WNNR-Navorsingsverslag 294), Pretoria, WNNR, 1972.
- 3 KÜHN, S H, MITCHELL, M F en SMITH, R A F. The Department of Transport's acceptance control plans for road construction. *Handelinge van die 2nd Conference on Asphalt Pavements for Southern Africa*, Durban, 1974 (WNNR-herdruk RR 175).
- 4 WILLENBROCK, J H et al. *A manual for statistical quality control of highway construction in Pennsylvania*. Vol 1, The Pennsylvania State University, Desember 1974.
- 5 SEMMELINK, C J. *Certain aspects of quality control in road construction*. MSc-tesis, Universiteit van Pretoria, Oktober 1975.
- 6 DUMAS, B. *Quality Control: The Acceptance Criterion*. Publikasie van die Materiale-afdeling van die KPA-Paaiedepartement, 1980.
- 7 ASTM: E178-75. *Standard Recommended Practice for Dealing with Outlying Observations*. 1979-Jaarverslag van die ASTM, Philadelphia. Pa. 1979.
- 8 PEARSON, E S en HARTLEY, H O. *Biometrika Tables for Statisticians*. Vol I, 1956.
- 9 ASTM. *Manual on Quality Control of Materials*, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, Pa. 1951.
- 10 DEPARTEMENT VAN VERVOER. *Standaardspesifikasies vir pad- en brugwerk*. Die Departement van Vervoer, Pretoria, April 1983.

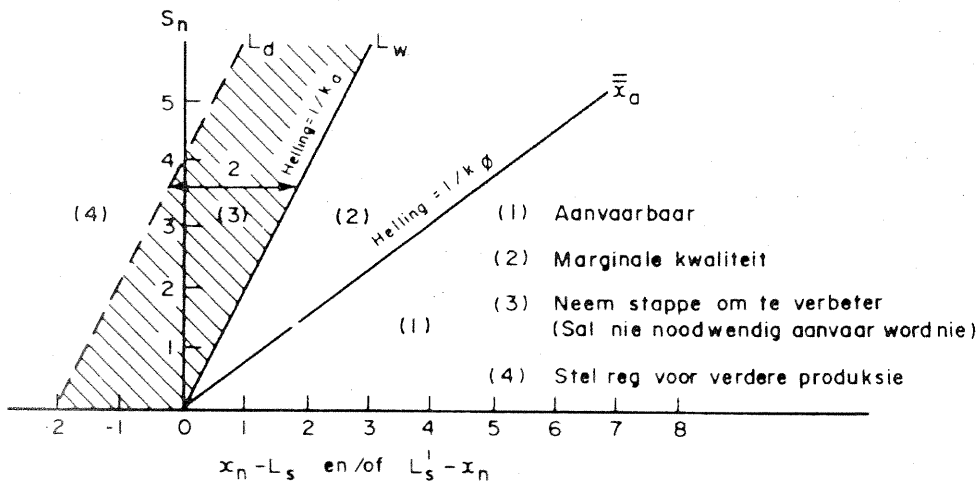
BYLAE A

VOORBEELDE VAN PROSESBEHEERKAARTE

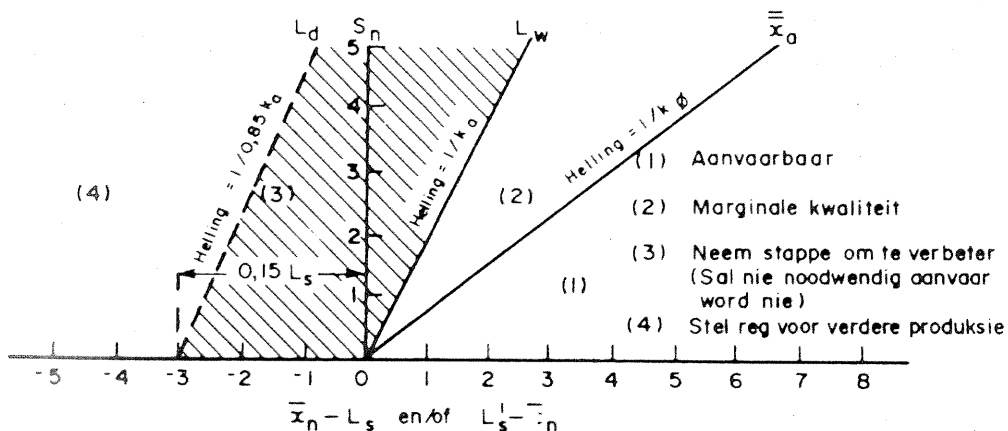
A.1 Prosesbeheerkaarte met $\bar{x}_n$ en S_n of afsonderlike asse



(a) BEHEERKAART VIR VASTE α -RISIKO'S BY BEIDE DIE VERWERPINGS- EN AANVAARDINGSGRENSE



(b) BEHEERKAART VIR VASTE α -RISIKO BY AANVAARDINGSGRENS EN VASTE REIKWYDTE TUSSEN AANVAARDINGS- EN VERWERPINGSGRENS

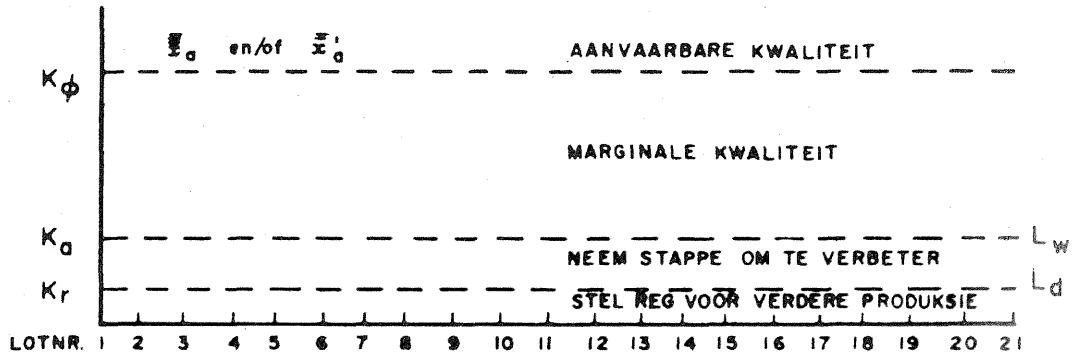


(c) BEHEERKAART VIR VASTE α -RISIKO BY AANVAARDINGSGRENS EN VERWERPINGSGRENS GELYK AAN 'N VASTE VERHOUDING VAN AANVAARDINGSGRENS

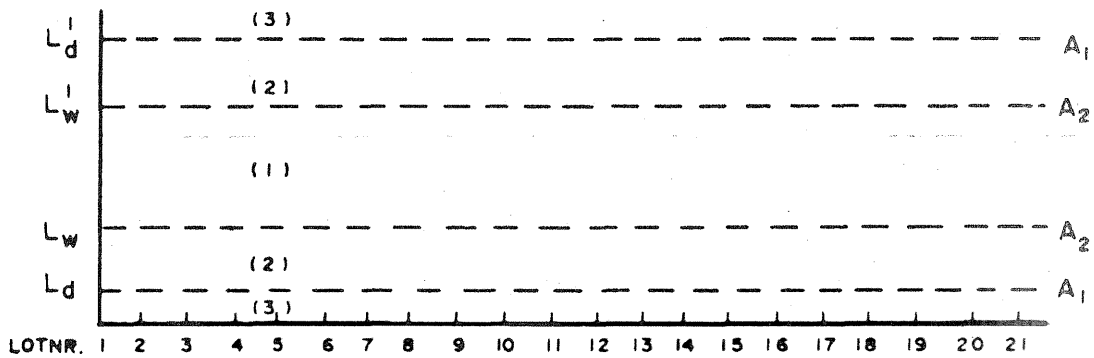
BYLAE A

Verskillende tipes beheerkaarte

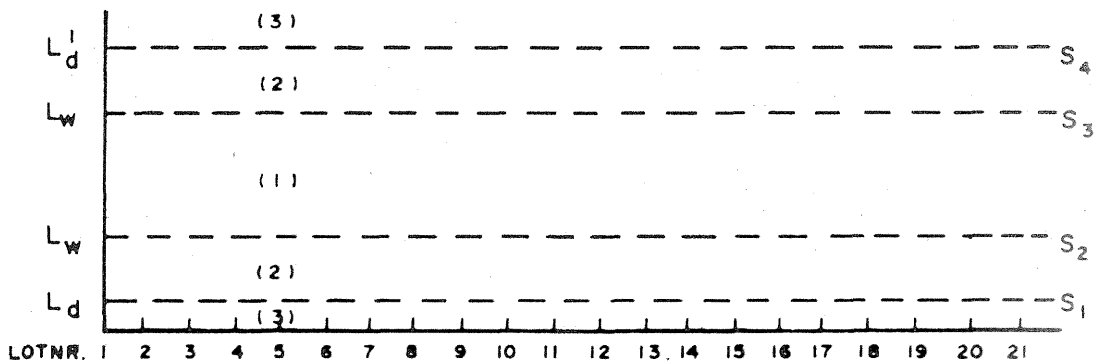
A.2 Prosesbeheerkaart vir 'n enkele beheerparameter wat $\bar{x}_n$ sowel as S_n inkorporeer



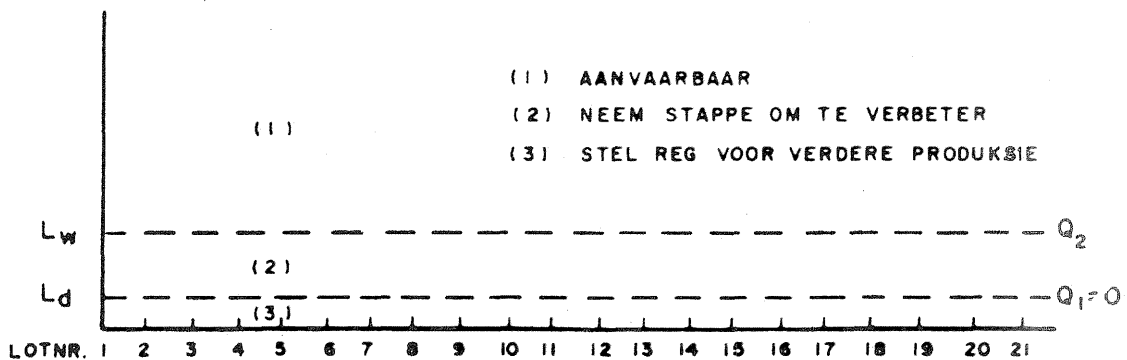
A.3 Prosesbeheerkaartstelsel met afsonderlike beheerkaarte vir $\bar{x}_n$, S_n en Q



BEHEERKAART VIR MONSTERGEMIDDELDES



BEHEERKAART VIR STANDAARDAFWYKING



BEHEERKAART VIR KWALITEITVLAK

TABEL A/1

Beheerkaartkonstantes^a

Kaart vir gemiddeldes				Kaart vir standaardafwyking				Kaart vir reikwydtes								
Monster- grootte		Faktore vir beheergrense		Faktore vir middellyn		Faktore vir beheergrense		Faktore vir middellyn		Faktore vir beheergrense		Faktore vir beheergrense				
n	A	A ₁	A ₂	c ₂	1/c ₂	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	d ₂	1/d ₂	d ₃	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
2	2.121	3.760	1.880	0.5642	1.7725	0	1.843	0	3.267	1.128	0.8865	0.853	0	3.686	0	3.267
3	1.732	2.394	1.023	0.7236	1.3820	0	1.858	0	2.568	1.693	0.5907	0.888	0	4.358	0	2.575
4	1.500	1.880	0.729	0.7979	1.2533	0	1.808	0	2.266	2.059	0.4857	0.880	0	4.698	0	2.282
5	1.342	1.596	0.577	0.8407	1.1894	0	1.756	0	2.089	2.326	0.4299	0.864	0	4.918	0	2.115
6	1.225	1.410	0.483	0.8686	1.1512	0.026	1.711	0.030	1.970	2.534	0.3946	0.848	0	5.078	0	2.004
7	1.134	1.277	0.419	0.8882	1.1259	0.105	1.672	0.118	1.882	2.704	0.3698	0.833	0.205	5.203	0.076	1.924
8	1.061	1.175	0.373	0.9027	1.1078	0.167	1.638	0.185	1.815	2.847	0.3512	0.820	0.387	5.307	0.136	1.864
9	1.000	1.094	0.337	0.9139	1.0942	0.219	1.609	0.239	1.761	2.970	0.3367	0.808	0.546	5.394	0.184	1.816
10	0.949	1.028	0.308	0.9227	1.0837	0.262	1.584	0.284	1.716	3.078	0.3249	0.797	0.687	5.469	0.223	1.777
11	0.905	0.973	0.285	0.9300	1.0753	0.299	1.561	0.321	1.679	3.173	0.3152	0.787	0.812	5.534	0.256	1.744
12	0.866	0.925	0.266	0.9359	1.0684	0.331	1.541	0.354	1.646	3.258	0.3069	0.778	0.924	5.592	0.284	1.716
13	0.832	0.884	0.249	0.9410	1.0627	0.359	1.523	0.382	1.618	3.336	0.2998	0.770	1.026	5.646	0.308	1.692
14	0.802	0.848	0.235	0.9453	1.0579	0.384	1.507	0.406	1.594	3.407	0.2935	0.762	1.121	5.693	0.329	1.671
15	0.775	0.816	0.223	0.9490	1.0537	0.406	1.492	0.428	1.572	3.472	0.2880	0.755	1.207	5.737	0.348	1.652
16	0.750	0.788	0.212	0.9523	1.0501	0.427	1.478	0.448	1.552	3.532	0.2831	0.749	1.285	5.779	0.364	1.636
17	0.728	0.762	0.203	0.9551	1.0470	0.445	1.465	0.466	1.534	3.588	0.2787	0.743	1.359	5.817	0.379	1.621
18	0.707	0.738	0.194	0.9576	1.0442	0.461	1.454	0.482	1.518	3.640	0.2747	0.738	1.426	5.854	0.392	1.608
19	0.688	0.717	0.187	0.9599	1.0418	0.477	1.443	0.497	1.503	3.689	0.2711	0.733	1.490	5.888	0.404	1.596
20	0.671	0.697	0.180	0.9619	1.0396	0.491	1.433	0.510	1.490	3.735	0.2677	0.729	1.548	5.922	0.414	1.586
21	0.655	0.679	0.173	0.9638	1.0376	0.504	1.424	0.523	1.477	3.778	0.2647	0.724	1.606	5.950	0.425	1.575
22	0.640	0.662	0.167	0.9655	1.0358	0.516	1.415	0.534	1.466	3.819	0.2618	0.720	1.659	5.979	0.434	1.566
23	0.626	0.647	0.162	0.9670	1.0342	0.527	1.407	0.545	1.455	3.858	0.2592	0.716	1.710	6.006	0.443	1.557
24	0.612	0.632	0.157	0.9684	1.0327	0.538	1.399	0.555	1.445	3.895	0.2567	0.712	1.759	6.031	0.452	1.548
25	0.600	0.619	0.153	0.9696	1.0313	0.548	1.392	0.565	1.435	3.931	0.2544	0.709	1.804	6.058	0.459	1.541
> 25	$\frac{3}{\sqrt{n}}$	$\frac{3}{\sqrt{n}}$	..	..	..	*	**	*	**	..	..	..	..	..	..	..

$$* 1 - \frac{3}{\sqrt{2n}} \quad ** 1 + \frac{3}{\sqrt{2n}}$$

Gereproduseer met toestemming vanaf tabel B2 van die ASTM Manual on Quality Control of Materials, bl. 115.

Vir enkelgrensspesifikasies:

$$Q_2 = e (1 - [k_a \cdot \sqrt{(2n-3)/(2n-2)} + k_{\alpha} \cdot \sqrt{1/n + k_a^2/(2n-2)}] / k_{\phi})$$

Vir dubbelgrensspesifikasies (tweede benadering):

$$Q_2 = e (1 - [k_a \cdot \sqrt{(2n-3)/(2n-2)} + k_{\alpha/2} \cdot \sqrt{1/n + k_a^2/(2n-2)}] / k_{\phi})$$

waar e = vaste toleransie waarvoor toegelaat word vir $= X - L_S$ or $L_S^I - X$

k_a = konstante wat gebruik word om die aanvaardingsgrens(e) vir die betrokke spesifikasie te bepaal ($\alpha = 5$ persent vir enkelgrensspesifikasie en $\alpha = 2,5$ persent vir dubbelgrensspesifikasies. Kyk tabel 4.)

k_{α} = normaalverdelingskonstante vir α waar $\alpha = 10$ persent

$k_{\alpha/2}$ = normaalverdelingskonstante vir $\alpha/2$ waar $\alpha = 10$ persent

k_{ϕ} = normaalverdelingskonstante vir ϕ waar ϕ die persentasie van die populasie is wat buite die spesifikasiegrens toegelaat word

n = die monstergrootte wat gebruik word vir die saamstel van die beheerkaart

BYLAE B

TIPIESE STANDAARDSPESIFIKASIE VIR AANVAARDINGSBEHEER

B.1 OMVANG

Hierdie spesifikasie dek die gebruik van statistiese metodes vir aanvaardingsbeheer vir die beoordeling van die kwaliteit van sekere produkeienskappe of -porsies van die werk ten opsigte van voldoening aan die vereistes van die kontrak. Slegs daardie produkeienskappe of -porsies van werk wat gespesifiseer is om deur middel van die statistiese metodes beoordeel te word, sal so beoordeel word.

Afgesien van die aanvaarding van dié eienskappe wat deur hierdie statistiese metodes beoordeel word, sal die materiale of porsies van die werk verwerp word wanneer ander eienskappe (wat nie deur statistiese metodes beheer word nie) nie aan die vereistes van die *Standaardspesifikasies en Spesiale Bepalings* voldoen nie, of waar daar ander redes vir verwerping is soos byvoorbeeld ooglopende gebrekkige of buitengewoon nie-uniforme materiaal, buitensporige variasie wat aan enige bepaalbare oorsaak te wyte is, ooglopende tekens van swak vakmanskap, of soortgelyke oorsake wat nie verdere toetsing regverdig nie en genoegsame rede bied om die werk te verwerp.

Die ingenieur sal hom die reg voorbehou om sodanige toetse wat hy as nodig mag beskou, op enige gelokaliseerde gedeelte van die lot wat hy as gebrekkig of aansienlik verskillend van die res beskou, uit te voer en hierdie porsie afsonderlik te beoordeel.

Waar geen toepaslike beoordelingskemas gespesifiseer word nie, sal vereis word dat daar ten volle voldoen word aan die gespesifiseerde vereistes, grense of toleransies.

Indien nodig, moet die gebreke in die gelokaliseerde gedeelte reggestel word alvorens dit vir algemene aanvaardingsbeheer in die lot ingesluit word. Die resultate van sulke spesiale toetse wat op gelokaliseerde gedeeltes uitgevoer is, mag nie as deel van die ewekansige toetse wat vir statistiese aanvaardingsbeheer van die lot benodig word, ingesluit word nie.

In alle gevalle waar statistiese beoordelingskemas gebruik word, moet daar streng daarby gehou word en mag besluite wat op hierdie skemas gebaseer is nie verander word nie sodat die risiko's van die kontrakteur of die kliënt, nie verander word nie. Dit sal 'n voorwaarde van hierdie kontrak wees dat die teoretiese geldigheid van die verskillende statistiese beoordelingskemas aanvaar word en dat die geldigheid van die besluite wat op grond van hierdie beoordelingskemas gemaak is nie op grond van statistiese teorie of 'n gespesifiseerde of veronderstelde produsentrisiko betwis mag word nie.

B.2 DEFINISIES

(a) Lot

'n Lot is 'n aansienlike hoeveelheid werk of materiaal wat gelewer word, wat vir die doeleindes van kwaliteitbeheer as 'n eenheid beoordeel word. Dit word so gekies dat dit verteenwoordigend is van die materiaal of werk wat hoofsaaklik deur dieselfde proses en van dieselfde materiale geproduseer is.

(b) Ewekansige monster

'n Ewekansige monster is 'n groep van n toetsbepalings wat uitgevoer word by n afsonderlike toetspunte of op n monsterporsies wat op 'n onbevooroordeelde wyse van die lot verkry is.

(c) Monstergemiddelde, $\bar{x}_n$

$\bar{x}_n$ is die rekenkundige gemiddelde van n toetsresultate wat die monster verteenwoordig.

(d) Monsterstandaardafwyking, S_n

Die monsterstandaardafwyking, S_n , word gedefinieer deur

$$S_n = \sqrt{\frac{\sum x^2 - n\bar{x}_n^2}{n - 1}}$$

waar $\bar{x}_n$ = monstergemiddelde

x = die waarde van 'n individuele monsterporsie, dws die individuele toetsresultaat of -bepaling

n = die aantal monsterporsies, dws die aantal individuele toetsresultate of -bepalings.

(e) Uitskieters

Toetsresultate moet noukeurig ondersoek word vir moontlike uitskieters. Waar daar rede bestaan om te glo dat 'n toetsresultaat foutief mag wees moet dit, indien moontlik, deur verdere toetse weer ondersoek word en indien daar redelike bewys is dat die resultaat foutief is, moet dit as 'n uitskieter beskou word. Indien die herondersoek van 'n toetsresultaat nie moontlik is nie, moet die prosedure wat hieronder beskryf word gebruik word om uitskieters te identifiseer:

Bereken die waarde van T_o aan die hand van

$$T_o = \frac{|x_o - \bar{x}_n|}{S_n}$$

waar $\bar{x}_n$ en S_n = onderskeidelik die rekenkundige gemiddelde en standaardafwyking van die monster

x_o = die waarde van die toetsresultaat wat die meeste van die gemiddelde verskil.

Vergelyk die waarde van T_0 met die waarde van T , vir die toepaslike waarde van n , uit die volgende tabel:

Aantal waarnemings	Kritieke waarde
(n)	(T)
3	1,153
4	1,463
5	1,672
6	1,822
7	1,938
8	2,032
9	2,110
10	2,176
11	2,234
12	2,285
13	2,331
14	2,371
15	2,409
16	2,443
17	2,475
18	2,504
19	2,532
20	2,557

Wanneer T_0 groter is as T , dan is x_0 'n uitskieter.

Die uitskieter moet weggelaat en vervang word deur 'n ander ewekansige toetswaarde. Die monstergemiddelde, $\bar{x}_n$, en die standaardafwyking van die monster, S_n , moet dan herbereken word. Indien die uitskieter nie vervang kan word nie, moet die monstergemiddelde, $\bar{x}_{n-1}$, en die standaardafwyking, S_{n-1} , bereken word uit die oorblywende $n-1$ toetsresultate. Die finale aantal toetsresultate wat in die beoordeling gebruik word na die weglating van uitskieters, moet nooit minder as vier wees nie.

(f) Spesifikasiegrens, L_s en/of $L_s^!$

Dit is die grenswaarde van enige produkeienskap waarbuite nie meer as 'n sekere gespesifiseerde persentasie van die populasie van waardes, wat 'n aanvaarbare produkeienskap verteenwoordig, mag lê nie. Die spesifikasiegrens kan 'n enkel onderste grens, L_s , of 'n enkel boonste grens, $L_s^!$, of 'n dubbele grens wees wat bestaan uit 'n onderste grens, L_s , en 'n boonste grens, $L_s^!$.

(g) Aanvaardingsgrens, L_a en/of L_a^I

Dit is die grenswaarde van die monstergemiddelde waarbinne 'n lot aanvaar sal word. Vir 'n ondergrensspesifikasie word hierdie aanvaardingsgrens deur L_a aangedui. Vir 'n bogrensspesifikasie word hierdie aanvaardingsgrens deur L_a^I aangedui. Vir 'n dubbelgrensspesifikasie word die onderste en boonste grense onderskeidelik deur L_a en L_a^I aangedui.

(h) Verwerpingsgrens, L_r en/of L_r^I

Dit is die grenswaarde van die monstergemiddelde waarbuite die lot verwerp sal word. Vir 'n ondergrensspesifikasie word hierdie verwerpingsgrens deur L_r aangedui. Vir 'n bogrensspesifikasie word hierdie verwerpingsgrens deur L_r^I aangedui. Vir 'n dubbelgrensspesifikasie word die onderste en boonste grense onderskeidelik deur L_r en L_r^I aangedui.

(i) Voorwaardelike aanvaardingsone

Wanneer die monstergemiddelde tussen die aanvaardingsgrens en die verwerpingsgrens lê, moet die lot aanvaar word op voorwaarde dat die kontrakteur 'n verminderde vergoeding vir die lot aanvaar volgens 'n voorafbepaalde formule vir die vermindering van vergoeding. Die kontrakteur sal egter die keuse hê om die werk wat deur die spesifieke lot verteenwoordig word, oor te doen en dit van nuuts af voor te lê vir aanvaardingstoetse in plaas van aanvaarding van die verminderde vergoeding.

(j) Hervoorlegging

Wanneer 'n lot hervoorgelê word vir geldige redes wat op grondige ingenieursoordeel gebaseer word, of wanneer 'n voorwaardelik aanvaarde (of verwerpte) lot na herbewerking hervoorgelê word, moet daar weer 'n nuwe ewekansige monster van 'n toetsbepaling uit die lot verkry word. 'n Nuwe monstergemiddelde en standaardafwyking moet ook bereken word.

Om te besluit of daar 'n betekenisvolle verskil is tussen die eerste resultate, $\bar{x}_{nA}$ en S_{nA} , en die nuwe resultate $\bar{x}_{nB}$ en S_{nB} , moet die volgende metode gevolg word. Gaan eers aan die hand van die F-toets na of die standaardafwykings betekenisvol verskil. Indien wel, moet die populasies afsonderlik gehou word. Indien nie, moet die gemiddelde van die hand van die t-toetse nagegaan word om vas te stel of dit betekenisvol verskil. Indien wel, moet die populasies afsonderlik gehou word. Indien nie, bereken dan

die gemiddelde waarde en standaardafwyking vir die resultate van die twee monsters gekombineerd en evalueer die lot op grond van hierdie resultate. In die geval van kleiner monstergroottes is die maklikste manier om hierdie waardes te bereken op die gewone manier met 'n sakrekenaar. In die geval van baie groot monstergroottes kan die volgende formules gebruik word.

$$\bar{x}_{n(A+B)} = (n_A \cdot \bar{x}_{nA} + n_B \cdot \bar{x}_{nB}) / (n_A + n_B)$$

$$S_{n(A+B)} = \sqrt{\frac{(n_A - 1)S_{nA}^2 + (n_B - 1)S_{nB}^2 + n_A (\bar{x}_{n(A+B)} - \bar{x}_{nA})^2 + n_B (\bar{x}_{n(A+B)} - \bar{x}_{nB})^2}{(n_A + n_B - 1)}}$$

Om te beoordeel, bepaal $F = S_\ell^2 / S_s^2$

waar S_ℓ = standaardafwyking met die groter waarde

en S_s = standaardafwyking met die groter waarde

Bepaal $F_{0,05;v_\ell;v_s}$ uit tabel B/1

waar v_ℓ = monstergrootte van groter standaardafwyking minus een

en v_s = monstergrootte van monster met kleiner standaardafwyking minus een

Wanneer $F > F_{0,05;v_\ell;v_s}$ dan is daar 'n betekenisvolle verskil.

Indien nie, bereken 'n gekombineerde standaardafwyking

$$S = \sqrt{[(n_A - 1)S_{nA}^2 + (n_B - 1)S_{nB}^2] / (n_A + n_B - 2)}$$

Bereken dan t uit

$$t = |\bar{x}_{nA} - \bar{x}_{nB}| / S \sqrt{(1/n_A) + (1/n_B)}$$

Bepaal $t_{0,05;v}$ uit tabel B/1

waar $v = n_A + n_B - 2$

Wanneer $t > t_{0,05;v}$ is daar 'n betekenisvolle verskil.

Indien nie, bereken $\bar{x}_{n(A+B)}$ en $S_{n(A+B)}$ vir die gekombineerde monster en gebruik die beoordelingsnorme vir hervorlegging (k_a^l en k_r^l).

Indien die toets toon dat daar 'n betekenisvolle verskil is, word slegs die resultate van die tweede monster en die beoordelingsnorme vir die eerste voorlegging (k_a en k_r) gebruik.

(k) k_a en k_a^I

Dit is faktore wat gebruik word in die berekening van die aanvaardingsgrens(e), L_a (en/of L_a^I), vir onderskeidelik die eerste en tweede voorleggings. Die α -risiko van die kontrakteur by die aanvaardingsgrens vir eerste voorlegging word vir die doeleindes van hierdie kontrak as 5 persent geneem.

(l) k_r en k_r^I

Dit is faktore wat gebruik word in die berekening van die verwerpingsgrens(e), L_r (en/of L_r^I), vir onderskeidelik die eerste en tweede voorleggings. Die α -risiko van die kontrakteur by die verwerpingsgrens vir eerste voorlegging word vir die doeleindes van hierdie kontrak as 1 persent geneem.

TABEL B/1

Waardes $F_{0,05;v\ell;vs}$ en $t_{0,05;v}$ vir die evaluering van hervoorgelegde lotte

$t_{0,05;v}$		vs or v	w																												$F_{0,05;v;v_s}$
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	22	24	26	28	30				
6,314	1	161	200	216	225	230	234	237	239	241	242	243	244	245	245	246	246	247	247	248	248	249	249	249	249	250	250	250			
2,920	2	18,5	19,0	19,2	19,2	19,3	19,3	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5				
2,353	3	10,1	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,89	8,85	8,81	8,79	8,76	8,74	8,73	8,71	8,70	8,69	8,68	8,67	8,67	8,66	8,65	8,64	8,63	8,62	8,62	8,62				
2,132	4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00	5,96	5,94	5,91	5,89	5,87	5,86	5,84	5,83	5,82	5,81	5,80	5,79	5,77	5,76	5,75	5,75	5,75				
2,015	5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,77	4,74	4,70	4,68	4,66	4,64	4,62	4,60	4,59	4,58	4,57	4,56	4,54	4,53	4,52	4,50	4,50	4,50				
1,943	6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10	4,06	4,03	4,00	3,98	3,96	3,94	3,92	3,91	3,90	3,88	3,87	3,86	3,84	3,83	3,82	3,81	3,81				
1,895	7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68	3,64	3,60	3,57	3,55	3,53	3,51	3,49	3,48	3,47	3,46	3,44	3,43	3,41	3,40	3,39	3,38	3,38				
1,860	8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39	3,35	3,31	3,28	3,26	3,24	3,22	3,20	3,19	3,17	3,16	3,15	3,13	3,12	3,10	3,09	3,08	3,08				
1,833	9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18	3,14	3,10	3,07	3,05	3,03	3,01	2,99	2,97	2,96	2,95	2,94	2,92	2,90	2,89	2,87	2,86	2,86				
1,812	10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02	2,98	2,94	2,91	2,89	2,86	2,85	2,83	2,81	2,80	2,78	2,77	2,75	2,74	2,72	2,71	2,70	2,70				
1,796	11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90	2,85	2,82	2,79	2,76	2,74	2,72	2,70	2,69	2,67	2,66	2,65	2,63	2,61	2,59	2,58	2,57	2,57				
1,782	12	4,75	3,89	3,49	3,26	3,11	3,00	2,91	2,85	2,80	2,75	2,72	2,69	2,66	2,64	2,62	2,60	2,58	2,57	2,56	2,54	2,52	2,51	2,49	2,48	2,47	2,47				
1,771	13	4,67	3,81	3,41	3,18	3,03	2,92	2,83	2,77	2,71	2,67	2,63	2,60	2,58	2,55	2,53	2,51	2,50	2,48	2,47	2,46	2,44	2,42	2,41	2,39	2,38	2,38				
1,761	14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,76	2,70	2,65	2,60	2,57	2,53	2,51	2,48	2,46	2,44	2,43	2,41	2,40	2,39	2,37	2,35	2,33	2,32	2,31	2,31				
1,753	15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,71	2,64	2,59	2,54	2,51	2,48	2,45	2,42	2,40	2,38	2,37	2,35	2,34	2,33	2,31	2,29	2,27	2,26	2,25	2,25				
1,746	16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66	2,59	2,54	2,49	2,46	2,42	2,40	2,37	2,35	2,33	2,32	2,30	2,29	2,28	2,25	2,24	2,22	2,21	2,19	2,19				
1,740	17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,61	2,55	2,49	2,45	2,41	2,38	2,35	2,33	2,31	2,29	2,27	2,26	2,24	2,23	2,21	2,19	2,17	2,16	2,15	2,15				
1,734	18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,58	2,51	2,46	2,41	2,37	2,34	2,31	2,29	2,27	2,25	2,23	2,22	2,20	2,19	2,17	2,15	2,13	2,12	2,11	2,11				
1,729	19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,54	2,48	2,42	2,38	2,34	2,31	2,28	2,26	2,23	2,21	2,20	2,18	2,17	2,16	2,13	2,11	2,10	2,08	2,07	2,07				
1,725	20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,51	2,45	2,39	2,35	2,31	2,28	2,25	2,22	2,20	2,18	2,17	2,15	2,14	2,12	2,10	2,08	2,07	2,05	2,04	2,04				
1,721	21	4,32	3,47	3,07	2,84	2,68	2,57	2,49	2,42	2,37	2,32	2,28	2,25	2,22	2,20	2,18	2,16	2,14	2,12	2,11	2,10	2,07	2,05	2,04	2,02	2,01	2,01				
1,717	22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,46	2,40	2,34	2,30	2,26	2,23	2,20	2,17	2,15	2,13	2,11	2,10	2,08	2,07	2,05	2,03	2,01	2,00	1,98	1,98				
1,714	23	4,28	3,42	3,03	2,80	2,64	2,53	2,44	2,37	2,32	2,27	2,23	2,20	2,18	2,15	2,13	2,11	2,09	2,07	2,06	2,05	2,02	2,00	1,99	1,97	1,96	1,96				
1,711	24	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,42	2,36	2,30	2,25	2,21	2,18	2,15	2,13	2,11	2,09	2,07	2,05	2,04	2,03	2,00	1,98	1,97	1,95	1,94	1,94				
1,708	25	4,24	3,39	2,99	2,76	2,60	2,49	2,40	2,34	2,28	2,24	2,20	2,16	2,14	2,11	2,09	2,07	2,05	2,04	2,02	2,01	1,98	1,96	1,95	1,93	1,92	1,92				
1,706	26	4,23	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,39	2,32	2,27	2,22	2,18	2,15	2,12	2,09	2,07	2,05	2,03	2,02	2,00	1,99	1,97	1,95	1,93	1,91	1,90	1,90				
1,703	27	4,21	3,35	2,96	2,73	2,57	2,46	2,37	2,31	2,25	2,20	2,17	2,13	2,10	2,08	2,06	2,04	2,02	2,00	1,99	1,97	1,95	1,93	1,91	1,90	1,88	1,88				
1,701	28	4,20	3,34	2,95	2,71	2,56	2,45	2,36	2,29	2,24	2,19	2,15	2,12	2,09	2,06	2,04	2,02	2,00	1,99	1,97	1,96	1,93	1,91	1,90	1,88	1,87	1,87				
1,699	29	4,18	3,33	2,93	2,70	2,55	2,43	2,35	2,28	2,22	2,18	2,14	2,10	2,08	2,05	2,03	2,01	1,99	1,97	1,96	1,94	1,92	1,90	1,88	1,87	1,85	1,85				
1,697	30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,33	2,27	2,21	2,16	2,13	2,09	2,06	2,04	2,01	1,99	1,98	1,96	1,95	1,93	1,91	1,89	1,87	1,85	1,84	1,84				

B.3 BEOORDELINGSPLANNE

Die beoordelingsplanne vir elke eienskap moet soos volg toegepas word:

(a) Monsterneming en toetse

Neem 'n monster van n ewekansige waarnemings waar n uit tabel B/2 verkry word. In die geval van laagwerk moet die monsterpunte bepaal word deur middel van gestratifiseerde ewekansige monsterneming. Die toetse moet vervolgens op hierdie posisies in die lot uitgevoer word.

(b) Bepaling van die monstereienskappe

Bereken die monstergemiddelde, $\bar{x}_n$, en die standaardafwyking van die monster, S_n .

(c) Bepaling van die beoordelingsgrense

(i) Ondergrensspesifikasie:

Bereken die aanvaardingsgrens, L_a , soos volg:

$$L_a = L_s + k_a \cdot S_n \quad (\text{eerste voorlegging; kyk tabel B/2})$$

of

$$L_a = L_s + k_a^I \cdot S_n(A+B) \quad (\text{tweede voorlegging})$$

Bereken die verwerpingsgrens, L_r , soos volg:

$$L_r = L_s + k_r \cdot S_n \quad (\text{eerste voorlegging; kyk tabel B/2})$$

of

$$L_r = L_s + k_r^I \cdot S_n(A+B) \quad (\text{tweede voorlegging})$$

Aanvaar die lot indien die monstergemiddelde, $\bar{x}_n$ (of $\bar{x}_{n(A+B)}$ in die geval van 'n tweede voorlegging), gelyk is aan of groter is as die aanvaardingsgrens, L_a . Verwerp die lot indien die monstergemiddelde, $\bar{x}_n$ (of $\bar{x}_{n(A+B)}$ waar toepaslik), kleiner is as die verwerpingsgrens, L_r . Aanvaar die lot voorwaardelik indien die monstergemiddelde, $\bar{x}_n$ (of $\bar{x}_{n(A+B)}$ waar toepaslik), gelyk is aan of groter is as die verwerpingsgrens, L_r , maar kleiner is as die aanvaardingsgrens, L_a . Die voorwaardes vir aanvaarding word verderaan in hierdie spesifikasies aangegee vir die verskillende tipes werk of materiale waarop hierdie beoordelingsplanne van toepassing is.

(ii) Bogrensspesifikasies:

Bereken die aanvaardingsgrens, L_a^I , soos volg:

$$L_a^I = L_s^I - k_a \cdot S_n \quad (\text{eerste voorlegging; kyk tabel B/2})$$

of

$$L_a^I = L_s^I - k_a^I \cdot S_n(A+B) \quad (\text{tweede voorlegging})$$

Bereken die verwerpingsgrens, L_r^I , soos volg:

$$L_r^I = L_s^I - k_r \cdot S_n \quad (\text{eerste voorlegging; kyk tabel B/2})$$

of

$$L_r^I = L_s^I - k_r^I \cdot S_n(A+B) \quad (\text{tweede voorlegging})$$

Aanvaar die lot indien die monstergemiddelde, $\bar{x}_n$ (of $\bar{x}_n(A+B)$ in die geval van 'n tweede voorlegging), gelyk is aan of minder is as die aanvaardingsgrens, L_a^I . Verwerp die lot indien die monstergemiddelde, $\bar{x}_n$ (of $\bar{x}_n(A+B)$ waar toepaslik), groter is as die verwerpingsgrens, L_r^I . Aanvaar die lot voorwaardelik indien die monstergemiddelde, $\bar{x}_n$ (of $\bar{x}_n(A+B)$ waar toepaslik), gelyk is aan of kleiner is as die verwerpingsgrens, L_r^I , maar groter is as die aanvaardingsgrens, L_a^I . Die voorwaardes vir aanvaarding word verduidelik in die spesifikasies aangegee vir die verskillende tipes werk of materiale waarop hierdie beoordelingsplanne van toepassing is.

(iii) Dubbelgrensspesifikasies:

Bereken die onderste aanvaardings- en verwerpingsgrense soos volg:

Eerste voorlegging

$$L_a = L_s + k_a \cdot S_n$$

en

$$L_r = L_s + k_r \cdot S_n$$

Tweede voorlegging

$$L_a = L_s + k_a^I \cdot S_n(A+B)$$

en

$$L_r = L_s + k_r^I \cdot S_n(A+B)$$

Bereken ook die ooreenstemmende boonste aanvaardings- en verwerpingsgrense soos volg:

Eerste voorlegging

$$L_a^I = L_s^I - k_a \cdot S_n$$

en

$$L_r^I = L_s^I - k_r \cdot S_n$$

Tweede voorlegging

$$L_a^I = L_s^I - k_a^I \cdot S_n(A+B)$$

en

$$L_r^I = L_s^I - k_r^I \cdot S_n(A+B)$$

Aanvaar die lot indien die monstergemiddelde, $\bar{x}_n$ (of $\bar{x}_{n(A+B)}$ waar toepaslik), tussen die boonste en die onderste aanvaardingsgrense lê of gelyk is aan een van die twee. Verwerp die lot indien die monstergemiddelde, $\bar{x}_n$ (of $\bar{x}_{n(A+B)}$ waar toepaslik), groter is as die boonste verwerpsgrens, L_r^1 , of kleiner is as die onderste verwerpsgrens, L_r . Aanvaar die lot voorwaardelik indien die monstergemiddelde, $\bar{x}_n$ (of $x_{n(A+B)}$ waar toepaslik), soos volg met die grense vergelyk:

Indien dit tussen die boonste aanvaardings- en verwerpsgrense, L_a^1 en L_r^1 , lê of gelyk is aan die boonste verwerpsgrens, L_r^1 , of indien dit tussen die onderste aanvaardings- of verwerpsgrens, L_a en L_r , lê of gelyk is aan die onderste verwerpsgrens, L_r .

Die voorwaardes vir aanvaarding word verderaan in hierdie spesifikasies aangegee vir die verskillende tipes werk of materiale waarop hierdie beoordelingsplanne van toepassing is.

B.4 PRODUKEIENSKAPPE WAT BEHEER MOET WORD

Die volgende eienskappe sal met behulp van die beoordelingsplanne beheer word:

Keurgrondlaag: Relatiewe verdigting

Stutlaag: Relatiewe verdigting

Gruiskroonlaag: Relatiewe verdigting

Gebreekteklipkroonlaag of -stutlaag: Relatiewe verdigting

Chemies gestabiliseerde lae: Sementerende bindstofinhoud

Beton (plaveisel): Druksterkte (28 dae)

Asfalt: Bindmiddelinhoud (%)

B.5 LOTGROOTTE

(a) Padboulae

Die lotgrootte sal normaalweg 'n dag se produksie wees. Die ingenieur mag egter op 'n lot van enige grootte besluit wanneer:

- die faktore wat die eienskappe wat ondersoek word, beïnvloed, abnormale variasie toon;
- 'n gebied oënskynlik defektief is;
- toestemming verlang word om 'n volgende laag te plaas of
- die tempo waarteen konstruksie per dag plaasvind, aansienlik hoër as normaal is.

(b) Beton

Die lotgrootte sal deur die ingenieur bepaal word met behoorlike inagneming van die grootte en tipe struktuur waarin die beton geplaas word, die spesifieke gedeelte van die struktuur en die totale hoeveelheid beton wat per dag geplaas word. Die lotgrootte in betonstrukture kan dus aansienlik wissel en veral in die geval van kleiner strukture mag dit nodig wees om statistiese monsters van dieselfde betongraad vir verskillende strukture te kombineer mits die beton van dieselfde betonaanleg afkomstig is en gedurende die tydperk onder beskouing, geplaas word.

B.6 TABEL VAN KONSTANTES

In tabel B/2 word die waardes van konstantes aangegee wat in die beoordelingsplanne gebruik moet word vir die beheer van verskillende eienskappe.

B.7 BEOORDELING VAN LOTTE WAARIN MEER AS EEN EIENSKAP BEHEER WORD

Elke gedeelte van die werk, soos byvoorbeeld die stutlaag, gebreekteklipkroonlaag, bitumineuse kroonlaag, het een of meer eienskappe wat deur die toepassing van die aanvaardingsplanne beheer moet word (kyk tabel B/2).

In die toepassing van die prosedure in B.3 ten opsigte van 'n lot waarvan meer as een eienskap beheer word deur die aanvaardingsplanne, moet besluite vir aanvaarding, verwerping of voorwaardelike aanvaarding soos volg gemaak word:

- (a) Aanvaar die lot slegs wanneer *al* die eienskappe aan die vereistes van B.3 voldoen.
- (b) Verwerp die lot wanneer *enige een* of meer van die eienskappe volgens die vereistes van B.3 verwerp word.
- (c) Aanvaar die lot voorwaardelik wanneer *enige een* of meer van die eienskappe voorwaardelik aanvaar word, en *al* die oorblywende eienskappe volgens die vereistes van B.3 aanvaar word.
- (d) Wanneer 'n lot verwerp is en nie herbewerk kan word nie, maar daar deur gesamentlike ooreenkoms besluit word om nie die werk te verwyder nie, sal vergoeding vir die totale lot gemaak word met 'n verminderingsfaktor van 0,45 van die tendertarief.

TABEL B/2

Konstantes wat gebruik moet word in die beheer van verskillende eienskappe

Struktuur	Eienskap	Minimum statistiese monster-grootte (n)	L _s	L _s ^I	φ	k _a	k _r
Keur-grondlaag	Relatiewe verdigting (%)	4	93 %		15	0,220	-0,148
Stutlaag	Relatiewe verdigting (%)	6	95 % of 97 %		15	0,358	0,089
Gruis-kroonlaag	Relatiewe verdigting (%)	6	98 % en 97 % indien gestabiliseer		15	0,358	0,089
Gebreekteklip-kroonlaag of stutlaag	Relatiewe verdigting (%)	6	86 % of 88 %		15	0,358	0,089
Asfalt-kroonlaag of deklaag	Relatiewe verdigting (%)	6	95 % of (97 % v.i.m.)		15	0,358	0,089
Chemies gestabiliseerde lae	Sementerende bindstof-inhoud (%)	18	70 % of hoeveelheid bestel of gespesifiseer deur die ingenieur		10	0,840	0,680
Beton (plaveisel)	Druksterkte (MPa) (28 dae)	9			5	0,993	0,773
Asfalt	Bindmiddel-inhoud (%)	8	(1)	(1)	15	0,440	0,211

(1) Vir aaneengegradeerde mengsels:

L_s = gespesifiseerde bindstofinhoud - 0,40 persent bindmiddel

L_s^I = gespesifiseerde bindstofinhoud + 0,40 persent bindmiddel

Vir spronggegradeerde en semispronggegradeerde mengsels (en flodderseël):

L_s = gespesifiseerde bindstofinhoud - 0,55 persent bindmiddel

L_s^I = gespesifiseerde bindstofinhoud + 0,55 persent bindmiddel

B.8 VERGOEDING BY VOORWAARDELIKE AANVAARDING

(a) Algemeen

Wanneer 'n lot voorwaardelik volgens die vereistes van B.3 en B.7 aanvaar word, sal daarvoor vergoed word teen 'n koers wat laer as die tendertarief is. Die verminderingsfaktor wat op die tendertarief van toepassing is, moet soos volg bepaal word:

(i) Eienskappe met 'n ondergrensspesifikasie:

$$P(\%) = 95 - 25 \left[\frac{L_a - \bar{x}_n}{L_a - L_r} \right]$$

(ii) Eienskappe met 'n bogrensspesifikasie:

$$P(\%) = 95 - 25 \left[\frac{\bar{x}_n - L_a^l}{L_r^l - L_a^l} \right]$$

(iii) Eienskappe met 'n dubbelgrensspesifikasie:

Gebruik P of P_l, watter een ook al van toepassing is.

(b) Toepassing van verminderingsfaktore by vergoeding

Waar slegs een eienskap van die lot met behulp van die beoordelingsplanne beheer word en die lot voorwaardelik aanvaar word, moet die verminderingsfaktor by vergoeding op die totale hoeveelheid materiaal in die lot toegepas word.

Waar twee of meer eienskappe van 'n lot met behulp van die beoordelingsplanne beheer word en die lot voorwaardelik aanvaar word, moet die tenderkoers vermenigvuldig word met die finale vergoedingsfaktor wat soos volg bepaal word:

$$P = (1 - n + \sum_{i=1}^n P_i)$$

waar n = aantal eienskappe waarop 'n vermindering in vergoeding van toepassing is

P_i = afsonderlike waardes van hierdie vergoedingsfaktore uitgedruk as 'n breukdeel

Die minimum waarde van P is 0,50 (50 persent). Wanneer die waarde van P minder is as 0,50 verval die keuse van voorwaardelike aanvaarding en moet die materiaal verwyder word.

B.9 HERVOORLEGGING

Die resultaat van die beoordeling van 'n hervoorgelegde lot sal as finaal en bindend op beide die kliënt en kontrakteur beskou word. Met ander woorde, as die beoordeling van die hervoorgelegde lot tot 'n gunstiger uitslag vir die kontrakteur lei, moet hy dienoooreenkomstig vergoed word, en andersom. In laasgenoemde geval sal die kontrakteur ook verantwoordelik gehou word vir die koste verbonde aan die addisionele toetse wat op die hervoorgelegde lot uitgevoer is.

TABEL C/1*Ewekansige monsternommers (vervolg)*

42 39 30 02 34	99 46 68 45 15	19 74 15 50 17	44 80 13 86 38	40 45 82 13 44
94 52 43 96 38	13 83 80 72 34	20 84 56 19 49	59 14 85 42 99	71 16 34 33 79
82 85 77 30 16	69 32 46 46 30	84 20 68 72 98	94 62 63 59 44	00 89 06 15 87
38 48 84 88 24	55 46 48 60 06	90 08 83 83 98	40 90 88 25 26	85 74 55 80 85
91 19 05 68 22	58 04 63 21 16	23 38 25 43 32	98 94 65 35 35	16 91 07 12 43
54 81 87 21 31	40 46 17 62 63	99 71 14 12 64	51 68 50 60 78	22 69 51 98 37
65 43 75 12 91	20 36 25 57 92	33 65 95 48 75	00 06 65 25 90	16 29 34 14 43
49 98 71 31 80	59 57 32 43 97	85 06 64 75 27	29 17 06 11 30	68 70 97 87 21
03 98 68 89 39	71 87 32 14 99	42 10 25 37 30	08 27 75 43 97	54 20 69 93 50
56 04 21 34 92	89 81 52 15 12	84 11 12 66 87	47 21 66 86 08	35 39 52 28 09
48 09 36 95 36	20 82 53 32 89	92 68 50 88 17	37 92 02 23 43	63 24 69 80 91
23 97 10 96 57	74 07 95 26 44	93 08 43 30 41	86 45 74 33 78	84 33 38 76 73
43 97 55 45 98	35 69 45 96 80	46 26 39 96 33	60 20 73 30 79	17 19 03 47 28
40 05 08 50 79	89 58 19 86 48	27 98 99 24 08	94 19 15 81 29	82 14 35 88 03
66 97 10 69 02	25 36 43 71 76	00 67 56 12 69	07 89 55 63 31	50 72 20 33 36
15 62 38 72 92	03 76 09 30 75	77 80 04 24 54	67 60 10 79 26	21 60 03 48 14
77 81 15 14 67	55 24 22 20 55	36 93 67 69 37	72 22 43 46 32	56 15 75 25 12
18 87 05 09 96	45 14 72 41 46	12 67 46 72 02	59 06 17 49 12	73 28 23 52 48
08 58 53 63 66	13 07 04 48 71	39 07 46 96 40	20 86 79 11 81	74 11 15 23 17
16 07 79 57 61	42 19 68 15 12	60 21 59 12 07	04 99 88 22 39	75 16 69 13 84
54 13 05 46 17	05 51 24 53 57	46 51 14 39 17	21 39 89 07 35	47 87 44 36 62
96 27 23 17 39	80 24 44 48 93	75 94 77 09 23	48 75 91 69 03	55 51 09 74 47
22 39 44 74 80	25 95 28 63 90	41 19 48 46 72	51 12 97 39 83	35 83 23 17 29
69 95 21 30 11	98 81 38 00 53	41 40 04 16 78	67 29 83 41 18	30 90 44 37 64
75 75 63 97 12	11 57 05 86 52	82 72 47 72 14	37 72 69 75 48	72 21 52 51 81
08 74 79 30 80	70 11 66 79 25	88 01 94 52 31	38 57 98 71 62	12 56 61 01 54
04 88 45 98 60	90 92 74 77 87	40 18 65 87 37	08 68 62 39 52	84 74 90 68 18
97 35 74 05 75	42 13 49 48 38	74 19 06 42 60	20 79 90 81 77	18 51 71 27 27
53 09 93 28 29	80 19 68 30 45	94 49 49 71 21	93 93 71 30 34	52 65 83 40 13
26 36 68 48 09	37 69 26 22 80	23 34 10 45 70	83 51 07 37 44	62 96 74 42 64
49 16 57 15 79	56 63 22 94 28	11 39 69 55 38	53 06 97 20 42	09 14 90 43 48
03 51 79 78 74	75 23 73 75 98	47 85 07 26 02	61 28 01 22 16	14 12 10 67 22
21 88 87 28 48	23 44 03 03 80	53 89 07 87 93	30 17 84 17 74	16 53 31 39 01
56 41 73 33 41	59 16 59 50 98	24 24 87 06 75	99 52 09 88 05	86 25 43 50 94
72 39 19 70 17	01 04 01 22 33	04 84 63 27 65	84 39 45 55 31	95 88 93 90 37

TABEL C/1

Ewekansige monsternommers

15 77 01 64 69	69 58 40 81 16	60 20 00 84 22	28 26 46 66 36	86 66 17 34 49
85 40 51 40 10	15 33 94 11 65	57 62 94 04 99	05 57 22 71 77	99 68 12 11 14
47 69 35 90 95	16 17 45 86 29	16 70 48 02 00	59 33 93 28 58	34 32 24 34 07
13 26 87 40 20	40 81 46 08 09	74 99 16 92 99	85 19 01 23 11	74 00 79 41 69
10 55 33 20 47	54 16 86 11 16	59 34 71 55 84	03 48 17 60 13	38 71 23 91 83
05 06 67 26 77	14 85 40 52 68	60 41 94 98 18	62 20 94 03 71	60 26 45 17 92
65 50 89 18 74	42 07 50 15 69	86 97 40 25 88	14 17 73 92 07	93 11 93 45 15
59 68 53 31 55	73 47 16 49 79	69 80 76 16 60	58 53 07 04 53	66 94 94 18 13
31 31 05 36 48	75 16 00 21 11	42 44 84 46 84	83 20 49 17 12	21 93 34 61 16
91 59 46 44 45	49 25 36 12 07	25 90 89 55 25	83 47 17 23 93	99 56 14 39 16
63 59 73 21 67	80 00 25 58 25	72 06 12 86 74	54 79 70 85 88	71 58 21 98 48
89 72 47 46 94	78 56 10 65 97	84 79 42 31 49	94 15 31 13 69	45 43 03 82 81
70 51 21 03 18	50 21 99 49 73	06 99 19 24 96	39 43 10 14 12	94 68 55 54 70
14 15 99 60 44	62 72 38 18 36	63 92 61 55 93	77 66 82 10 91	81 51 67 01 47
92 46 90 39 99	64 08 00 97 27	54 96 63 40 54	34 70 27 48 18	68 59 91 83 32
81 23 17 13 01	37 57 92 16 34	15 80 90 25 64	67 77 29 95 84	80 84 84 87 22
87 54 42 46 56	28 89 02 06 98	59 90 74 13 38	98 66 23 20 23	90 55 31 83 48
74 73 84 98 13	11 48 25 33 39	27 36 08 99 57	60 42 88 68 25	22 89 67 83 16
94 55 14 00 97	32 51 92 47 03	92 33 73 20 21	29 77 37 06 98	64 63 34 31 43
69 21 94 26 20	73 90 70 92 76	49 14 60 34 43	90 51 72 11 07	75 91 19 49 40
82 36 36 89 29	87 70 08 71 98	49 00 89 89 99	29 08 02 72 32	68 16 29 82 19
25 06 22 30 87	87 44 48 90 91	38 53 10 60 29	40 07 58 97 84	09 04 33 56 72
82 37 97 60 92	76 39 17 84 34	67 65 52 89 90	62 97 04 33 81	91 27 56 46 35
83 71 07 22 15	17 55 56 82 62	88 83 86 38 14	63 89 39 81 90	25 62 58 68 87
73 13 79 15 12	18 34 22 24 75	56 47 45 22 81	30 82 38 34 52	57 48 30 34 17
91 28 00 57 30	92 12 38 95 21	15 70 78 50 88	01 07 90 72 77	99 53 04 34 73
33 47 55 62 57	08 21 77 31 05	64 74 04 93 42	20 19 09 71 46	37 32 69 69 89
56 66 25 32 38	64 70 26 27 67	77 40 04 34 63	98 99 89 31 16	12 90 50 28 96
88 40 52 02 29	82 69 34 50 21	74 00 91 27 52	98 72 03 45 65	30 89 71 45 91
87 63 88 23 62	51 07 69 59 02	89 49 14 98 53	41 92 36 07 76	85 37 84 37 47
32 25 21 15 08	82 34 57 57 35	22 03 33 48 84	37 37 29 38 37	89 76 25 09 69
44 61 88 23 13	01 59 47 64 04	99 59 96 20 30	87 31 33 69 45	58 48 00 83 48
94 44 08 67 79	41 61 41 15 60	11 88 83 24 82	24 07 78 61 89	42 58 88 22 16
13 24 40 09 00	65 46 38 61 12	90 62 41 11 59	85 18 42 61 29	88 76 04 21 80
78 27 84 05 99	85 78 67 80 05	57 05 71 70 21	31 99 99 06 96	53 99 25 13 63

Statistical Tables for formulas. A Hald. Copyright c (1952, John Wiley & Sons. Inc., Proprietors).
 Herdruk met die toestemming van John Wiley & Sons, Inc.

TABEL C/1

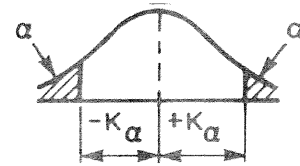
Ewekansige monsternommers (vervolg)

97 28 25 81 49	71 69 22 04 51	56 46 56 15 10	69 59 99 50 29	33 50 16 93 09
18 87 02 72 08	74 52 16 03 82	20 19 66 23 62	37 51 04 89 31	32 19 59 85 57
53 40 11 75 45	13 56 85 31 37	09 17 71 96 79	39 50 79 27 62	71 14 95 53 03
60 49 03 41 56	78 33 77 28 92	21 90 10 62 01	07 06 45 01 10	95 12 24 18 52
09 16 12 75 04	39 69 95 00 48	26 85 28 73 08	66 92 10 66 75	62 61 27 82 57
64 20 10 87 54	88 14 12 54 24	06 99 57 07 28	51 34 54 98 50	70 88 02 86 48
31 28 07 58 77	03 98 26 76 09	10 44 57 61 28	60 29 85 70 79	80 29 19 98 92
80 04 28 47 76	35 73 67 78 28	09 39 88 63 74	41 26 92 42 33	06 80 06 33 84
24 60 22 51 19	34 54 08 24 73	86 72 11 44 69	76 90 81 17 85	57 47 35 16 84
59 16 11 26 29	18 97 78 44 43	58 92 78 70 80	09 65 32 68 26	65 73 90 50 46
58 54 29 98 27	40 51 92 07 13	58 41 59 56 94	16 32 51 42 54	77 37 13 85 19
20 19 34 22 73	57 40 67 17 28	63 57 74 36 18	65 55 25 50 68	35 90 00 03 38
53 90 46 56 19	50 58 33 84 53	14 74 17 40 73	86 11 04 02 04	02 28 49 62 36
97 16 93 94 65	70 95 95 83 20	91 42 57 95 63	00 86 29 02 53	02 27 86 70 95
72 55 71 70 92	04 22 53 19 29	67 29 13 56 70	45 73 45 05 04	32 43 30 93 41
99 19 72 58 35	49 09 26 00 74	26 42 94 52 02	83 31 85 65 66	31 97 67 52 15
48 21 49 72 97	79 19 64 81 82	78 92 51 96 51	28 79 13 20 82	34 81 39 46 86
52 37 68 15 33	22 98 30 16 31	83 24 87 69 29	24 85 44 25 50	75 62 83 95 41
97 50 52 53 52	26 78 21 68 69	57 79 42 40 89	55 81 75 24 52	51 32 79 97 05
36 05 09 18 11	71 01 63 17 60	11 65 19 43 07	44 86 19 58 92	23 71 32 96 19
20 79 70 09 30	81 14 53 80 93	71 94 10 18 14	83 69 76 53 25	27 36 65 65 05
13 07 89 72 08	00 37 75 14 94	83 85 06 72 66	07 47 30 17 11	16 02 63 97 30
94 26 82 37 43	34 23 00 14 50	96 85 41 17 71	69 20 15 98 82	79 69 68 50 31
13 55 88 38 43	75 37 43 83 85	53 74 54 62 99	68 93 74 43 95	06 26 79 78 87
02 44 24 97 71	97 93 12 70 89	42 52 33 24 91	05 87 53 15 77	49 92 83 97 80
34 90 96 63 54	22 84 36 38 99	85 36 25 03 27	49 24 72 10 50	95 14 18 26 64
13 67 06 34 98	04 20 80 12 54	01 18 54 20 76	92 10 47 04 65	54 45 82 42 90
18 75 55 82 66	34 77 27 71 79	67 65 85 92 68	16 43 83 18 74	12 48 68 87 22
91 25 52 57 15	21 54 40 05 50	67 51 66 45 69	84 72 74 32 30	17 70 40 90 24
76 24 00 14 92	14 29 12 17 73	77 46 44 24 30	48 50 36 30 24	93 09 01 39 37

TABEL C/2

Oppervlakte onder die normaalverdelingskromme vanaf $\pm K\alpha$ tot ∞

$$\int_{K\alpha}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-x^2/2} dx = a$$



$K\alpha$	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0.0	.5000	.4960	.4920	.4880	.4840	.4801	.4761	.4721	.4681	.4641
0.1	.4602	.4562	.4522	.4483	.4443	.4404	.4364	.4325	.4286	.4247
0.2	.4207	.4168	.4129	.4090	.4052	.4013	.3974	.3936	.3897	.3859
0.3	.3821	.3783	.3745	.3707	.3669	.3632	.3594	.3557	.3520	.3483
0.4	.3446	.3409	.3372	.3336	.3300	.3264	.3228	.3192	.3156	.3121
0.5	.3085	.3050	.3015	.2981	.2946	.2912	.2877	.2843	.2810	.2776
0.6	.2743	.2709	.2676	.2643	.2611	.2578	.2546	.2514	.2483	.2451
0.7	.2420	.2389	.2358	.2327	.2296	.2266	.2236	.2206	.2177	.2148
0.8	.2119	.2090	.2061	.2033	.2005	.1977	.1949	.1922	.1894	.1867
0.9	.1841	.1814	.1788	.1762	.1736	.1711	.1685	.1660	.1635	.1611
1.0	.1587	.1562	.1539	.1515	.1492	.1469	.1446	.1423	.1401	.1379
1.1	.1357	.1335	.1314	.1292	.1271	.1251	.1230	.1210	.1190	.1170
1.2	.1151	.1131	.1112	.1093	.1075	.1056	.1038	.1020	.1003	.0985
1.3	.0968	.0951	.0934	.0918	.0901	.0885	.0869	.0853	.0838	.0823
1.4	.0808	.0793	.0778	.0764	.0749	.0735	.0721	.0708	.0694	.0681
1.5	.0668	.0655	.0643	.0630	.0618	.0606	.0594	.0582	.0571	.0559
1.6	.0548	.0537	.0526	.0516	.0505	.0495	.0485	.0475	.0465	.0455
1.7	.0446	.0436	.0427	.0418	.0409	.0401	.0392	.0384	.0375	.0367
1.8	.0359	.0351	.0344	.0336	.0329	.0322	.0314	.0307	.0301	.0294
1.9	.0287	.0281	.0274	.0268	.0262	.0256	.0250	.0244	.0239	.0233
2.0	.0228	.0222	.0217	.0212	.0207	.0202	.0197	.0192	.0188	.0183
2.1	.0179	.0174	.0170	.0166	.0162	.0158	.0154	.0150	.0146	.0143
2.2	.0139	.0136	.0132	.0129	.0125	.0122	.0119	.0116	.0113	.0110
2.3	.0107	.0104	.0102	.00990	.00964	.00939	.00914	.00889	.00866	.00842
2.4	.00820	.00798	.00776	.00755	.00734	.00714	.00695	.00676	.00657	.00639
2.5	.00621	.00604	.00587	.00570	.00554	.00539	.00523	.00508	.00494	.00480
2.6	.00466	.00453	.00440	.00427	.00415	.00402	.00391	.00379	.00368	.00357
2.7	.00347	.00336	.00326	.00317	.00307	.00298	.00289	.00280	.00272	.00264
2.8	.00256	.00248	.00233	.00233	.00226	.00219	.00212	.00205	.00199	.00193
2.9	.00187	.00181	.00175	.00169	.00164	.00159	.00154	.00149	.00144	.00139
3.09	.00135	.00131	.00126	.00122	.00118	.00114	.00111	.00107	.00103	.00100

Herdruk met die toestemming van Frederick E. Croxton, *Elementary Statistics with Applications in Medicine*, Pentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J. 1953, p 323