Úloha 2.: URČENÍ VÝŠKY A PŘETVOŘENÍ TOVÁRNÍHO KOMÍNU

Hánek, P., převzato a mírně upraveno ze skript: Vorel, Vl. - Brychta, M. - Hánek, P. - Procházka, J.: Inženýrská geodézie - Návody ke cvičením. ČVUT FSv, Praha 1985, dotisk 1995.

2. l Zadání

Určete výšku a přetvoření továrního komínu ve čtyřech úrovních. K řešení použijte základny v obecné poloze. Výšky a poloměry vodorovných řezů v jednotlivých úrovních určete dvakrát graficko-početně.

2. 2 Předmět měření

S problémem určit výšku a přetvoření tvaru, tj. většinou odchylky osy od svislice, továrních komínů i jiných staveb a zařízení obdobného tvaru (např.osvětlovací věže a stožáry), se geodet setkává v investiční výstavbě poměrně často. Toto řešení proto patří k úlohám empiricky ověřeného charakteru, kdy postup a přesnost měřických prací jsou předem známy.

Cílem je nejen zjistit celkovou výšku, ale i ve vhodných vodorovných řezech (tzv. úrovních) určit též vnější poloměry a vzájemnou polohu středů kruhových řezů stavby.

U komína jsou jednotlivé řezy obvykle proloženy jedním z okrajů ocelových stahovacích pásů nebo rozhraním barev zdiva či výstražného značení a samozřejmě vrcholem stavby. Pokud komín nemá pásy nebo rozhraní barev, je nezbytné vytyčit úrovně podle odstavce 2.5. Za základní úroveň, k níž se ostatní vztahují, se volí nejnižší viditelná jednoznačně určitelná úroveň, protože pata stavby je často zakryta dalšími objekty.

2. 3 Základy metody

V běžných případech, omezených na několik málo desítek metrů výšky komína, se v terénu potřebná měření provádí pouze z jedné základny. Výšky se měří trigonometricky, poloha se určuje protínáním vpřed, které se vyhodnocuje graficko-početní metodou, poskytující rychlé názorné a dostatečně přesné výsledky. Pro kontrolu je možno měření provádět ze dvou oddělených základen.

Složitější případy, např. vysílací stožáry a věže, se měří ze dvou vzájemně zhruba kolmých základen s analytickým zpracováním výsledků. Součástí vyhodnocení je často axonometrické zobrazení. Postup prací se obvykle případ od případu liší a vyžaduje samostatné rozbory přesnosti.

2. 4 Přípravné práce

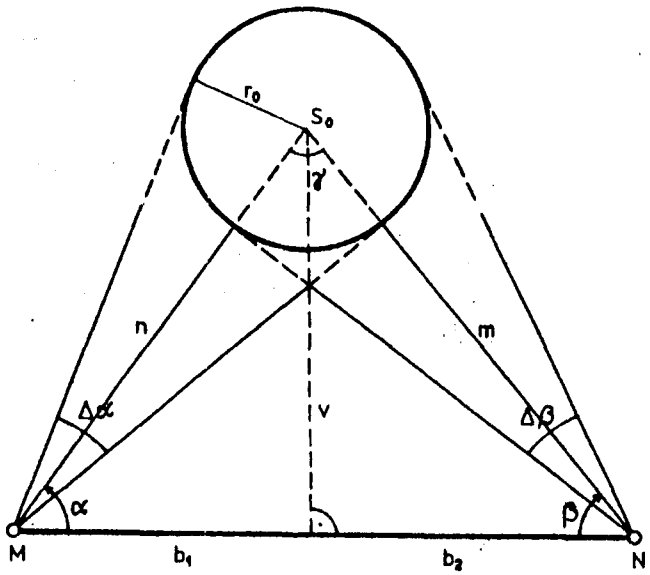
2. 4. l Přístroje a pomůcky

l dvouvteřinový teodolit, např. Zeiss Theo 010 A (B)
2 stativy
l záměrný znak s podložkou
l pásmo
l nivelační lať
l optický dostřeďovač
l skládací dvoumetr
l slunečník
drobné vybavení (křída, hřebíčky).

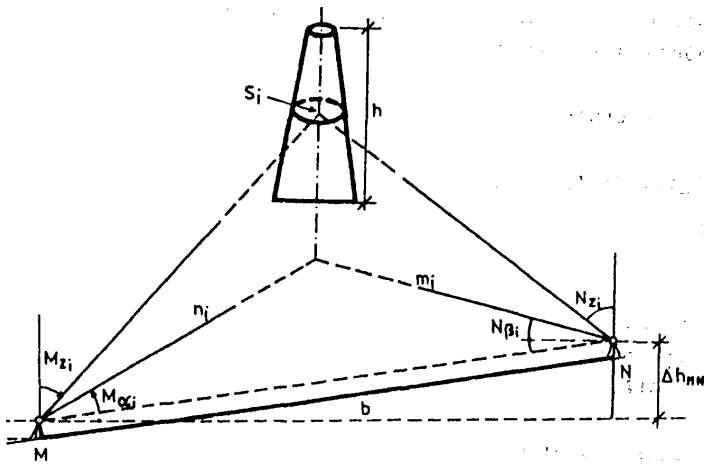
2. 4. 2 Příprava v terénu

Základní otázkou je vhodná a účelná volba základny *b* (**obr. 2.1, 2.2**), z jejíchž koncových bodů se měření provádí. Pro protínání vpřed se udává v literatuře jako optimální tvar rovnoramenný trojúhelník s úhlem protnutí zhruba 120 gon. Současně uvažujeme pro pohodlné měření zenitových úhlů bez podstatnějšího uplatnění přístrojových vad minimální velikost zenitového úhlu $z = 50$ gon, lépe však alespoň $z = 65$ gon. To znamená, že vzdálenost *v* základny od komína se rovná jeho výšce *h* nebo lépe $v = 1{,}6\ h$.

Z toho okamžitě plynou při použití označení obrázku 2.1 a 2.2 následující vztahy (2.1). Označení se přidržuje z důvodu přehlednosti způsobu obvyklého v matematice a geometrii.



Obr. 2.1 Polohové určení



Obr. 2.2 Výškové určení

Úhel protnutí γ	γ=120^g	
Úhly pří základně α,β	α= β=40^g	
Zenitový úhel záměry Z	z=65^g	z=50^g
Vodorovné délky záměr m,n	m=n=1,6h	m=n=h
Příčný odstup v	v=0,59m=0,94h	v=0,59m=0,59h
Délka základny b	b=1,6m=2,75v	
Výpočetní vztah pro b	b=2,6h	b=1,6h. (2.1)

Přibližná výška stavby *h* je většinou předem známa nebo se určí některou z rychlých, přibližných metod.

Je zřejmé, ze u většiny komínů v průmyslové nebo i občanské zástavbě nebude možno všechny výše uvedené podmínky volby základny splnit, protože je nutno přizpůsobit se stávajícím podmínkám a provozu. V tom případě je obvykle vhodné po možnosti volit větší boční odstup (vyloučení strmých záměr) a delší základnu (úhel protínání).

Základna se stabilizuje dočasným způsobem, nejlépe hřebíčkem ve spáře dlažby, křídou a pod. Vzhledem k délce základny je možno ji obvykle určit ověřeným pásmem, na členitějším povrchu např. dálkoměrem totální stanice, je-li použita pro vlastní měření. Jako kritérium dvojího nezávislého měření délky základny *b* je užíván obvyklý vzorec

$u_{Mb} = (0{,}01\ \sqrt{b} + 0{,}02)$, (m;mm). (2.2)

V příznivých případech se kritérium snižuje o 25 %.

2. 5 Pracovní postup při měření

Při měření vodorovných směrů v l skupině je třeba dodržet několik důležitých zásad. Na střed komínu nelze cílit - měří se proto na levý a pravý okraj na zvolené hraně - horní nebo spodní - obruče komínu nebo na rozhraní barev a čtení se průměrují. Obecně se ze stanoviska *N* cílí na jiné místo, nežli ze stanoviska *M*. Lze předpokládat, že vyzdívka není tvarově pravidelná a ani obruč či rozhraní barev nejsou přesně vodorovné. Proto by bylo bezúčelné zvyšovat počet skupin měření vodorovných směrů. Nelze-li obsáhnout oba okraje jemnou ustanovkou, je nutno měřit každou zvolenou úroveň zvlášť, aby nedocházelo k otáčení alhidádou v protisměru, tedy: Poč - L1- P1 - L2 - P2 ... Ln - Pn - Poč.

Pokud by bylo nutno měřit na komínu nesignalizovanou úroveň, musí **se** pro druhé stanovisko základny vypočítat zenitový úhel ${}^{N}z_i$ (platí pro oba okraje), aby zacílení z obou stanovisek leželo ve stejném horizontu (**obr. 2.3**).

$$N_{Z_i} = arc\cot\frac{n_1' \cot M_{Z_i} - \Delta h_{MN}}{m_1'} \qquad \text{(gon; m,gon),} \qquad (2.3)$$

kde:

${}^{M}z_i$ je zenitový úhel měřený na prvém stanovisku,

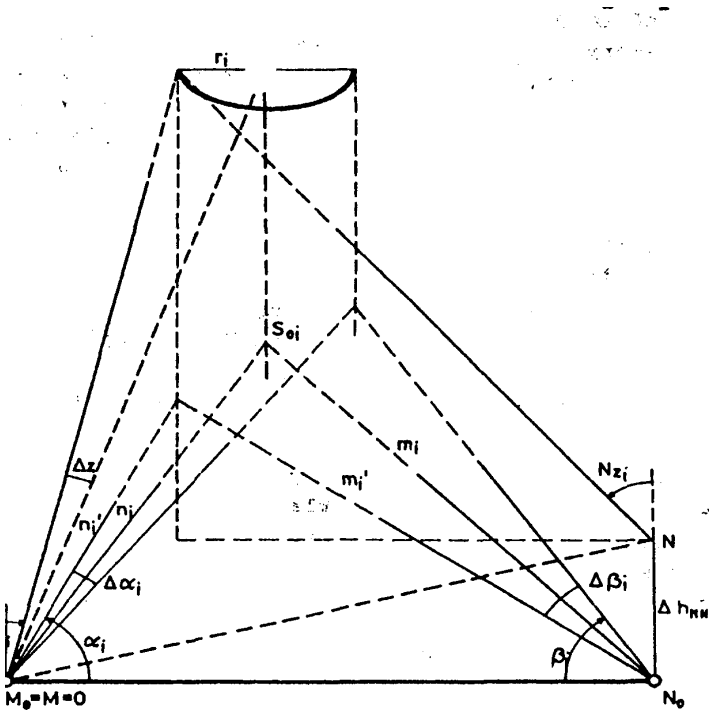
Δh_{MN} je vzájemné převýšení konců základny získané níže uvedenými postupy (dosazuje se se znaménkem), $\Delta h_{MN} = h_N - h_M$,

m'_i , m'_i jsou vodorovné vzdálenosti stanovisek a cílového bodu na obryse komína.

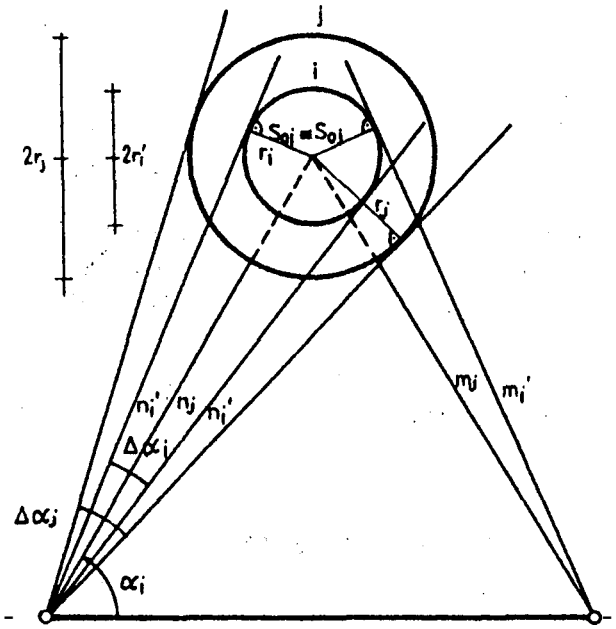
V obr. 2.3 platí:

$$\Delta\alpha_i = \alpha_{P_i} - \alpha_{L_i}, \alpha_i = \frac{\alpha_{L_i} + \alpha_{P_i}}{2}; obdobně \quad \Delta\beta_i, \beta_i .$$

Vzdálenosti m'_i, n'_i, se musí určit přibližně výpočtem z předem vypočtených hodnot m_j, n_j, $\Delta\alpha_j$, $\Delta\beta_j$, r_j nejbližší trvale signalizované úrovně *j*, nebo vrcholu (**obr. 2.4**). Přímý vypočet není možný, protože nejsou dosud měřeny úhly α_i, β_i.



Obr. 2.3 K výpočtu zenitového úhlu



Obr. 2.4 Určení vzdáleností m'_i, n'_i

Podmínkou odvození je předpoklad, že středy S_i, S_j leží na svislici. Podle **obr. 2.4** dostaneme:

$$m_i' = \sqrt{m_j^2 - r_i'^2}$$
$$n_i' = \sqrt{n_j^2 - r_i'^2} \qquad (2.4)$$

kde odhad poloměru r_i se vypočte úměrou:

$$r_i' = r_j \frac{\Delta\alpha_i}{\Delta\alpha_j} \qquad \text{(m; m, gon).}$$

Úhlová hodnota $\Delta\alpha_i$ (tj. rozdíl záměr na pravý a levý okraj) se získá z měřené osnovy této nesignalizované úrovně na prvém stanovisku. Obě záměry na obvod komína jsou stejně dlouhé a tedy pod stejným zenitovým úhlem ${}^{M}z_i$. Zenitový úhel se určuje současně s měřením vodorovných směrů, ale samozřejmě pouze v I.poloze; II. polohu je třeba nastavit, aby se dala měřit II. řada vodorovných směrů. Doporučujeme volit tuto nesignalizovanou úroveň tak, aby se její poloha dala přibližně ověřit s využitím nějakého znaku, viditelného z obou konců základny (např. úchyt žebříku, hromosvodu, výstražné osvětlení, písmena reklamního nápisu, apod.).

Přesnost určení takto zaměřené úrovně bude vždy nižší nežli u úrovní signalizovaných obručí nebo rozhraním barev.

Pro tento postup a zejména pro určení výšek je třeba stanovit převýšení konců základny Δh_{MN} pomocí čtení l střední rysky kříže dalekohledu teodolitu pod vodorovnou ve dvou polohách na svislé stupnici (např. skládacím dvoumetru, nivelační lati a pod.), postavené na druhém koncovém bodě při známé výšce postavení přístroje, pokud to ovšem vzájemné převýšení umožňuje. Podle **obr. 2.2**

$$\Delta h_{MN} = Vp_M - l_N \quad , \qquad (2.5)$$

kde Vp_M je známá výška postavení přístroje.

Obecně se vzájemné převýšení určuje trigonometricky, pro kontrolu z obou stanovisek.

Výškové připojení je někdy výhodnější provést tak, že z obou konců základny se postupně pod vodorovnou čte na lati, postavené na vhodně a jednoznačně voleném pomocném

bodě v blízkosti základny. Tento bod může být připojen i na body ČSNS, nebo to může být přímo nivelační bod. Potom se počítají výšky komína v absolutních hodnotách.

Pro měření zenitových úhlů z_i na signalizované úrovni se vypočte na příslušném stanovisku vodorovný směr na střed komína pro danou úroveň jako aritmetický průměr čtení levého a pravého okraje. Tento směr se vytyčí a pohybem dalekohledu ve svislé rovině se zacílí na příslušnou hranu obruče či rozmezí barev komína. Měříme ve dvou polohách dalekohledu.

U nesignalizovaných úrovní nelze přímo měřit zenitovou vzdálenost na střed komína. Pokud by to však přesto bylo třeba, je k dispozici pouze měřená I. poloha zenitových úhlů, cílená na okraj komína. Její hodnota se opraví o indexovou chybu a použije se k výpočtu výšek.

2. 6 Výpočty

Při výpočtech **se** nejprve stanoví pomocí **obr. 2.1** a sinové věty vodorovné vzdálenosti stanoviska přístroje a středu komína v určité úrovni (platí i pro nesignalizované úrovně).

$$n_i = b\frac{\sin\beta_i}{\sin(\alpha_i+\beta_i)}$$
$$m_i = b\frac{\sin\alpha_i}{\sin(\alpha_i+\beta_i)} \qquad (2.6)$$

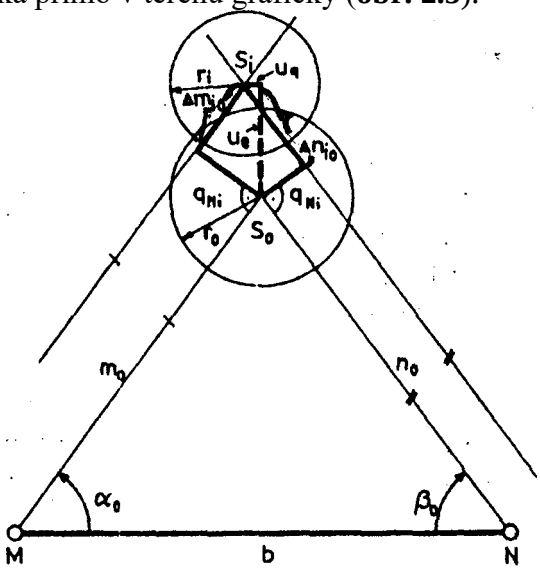
Vztažením k základní úrovni dostaneme hodnoty rozdílů

$$\Delta m_{i0} = m_i - m_0$$
$$\Delta n_{i0} = n_i - n_0 \qquad (2.7)$$

obdobně pro úhly

$$\Delta\alpha_{i0} = \alpha_i - \alpha_0$$
$$\Delta\beta_{i0} = \beta_i - \beta_0 \qquad (2.8)$$

Vzájemná poloha středů vodorovných řezů kruhovým komínem v měřených úrovních se získá přímo v terénu graficky (**obr. 2.5**).



Obr. 2.5. Grafické určení polohy středů komína

Ve vhodném měřítku se zobrazí body základny *M, N* a v průsečíku přilehlých úhlů α_0 , β_0 střed základní úrovně S_0. Kontrolou je odměření délek m_0 , n_0 . Dále se vypočtou - včetně znamének daných úhlovými rozdíly - příčné posuny q_{Mi} , q_{Ni}:

$$q_{M_i} = \frac{m_i \Delta\alpha_{i0}}{\rho}$$
$$q_{N_i} = \frac{n_i \Delta\beta_{i0}}{\rho} \qquad \text{(m; m, gon)} \qquad (2.9)$$

(Příčný směr se vztahuje ke směru záměry *m*, nebo *n*). Je možno použít zjednodušujícího předpokladu, že

$$\overline{MS_0} \parallel \overline{MS_i}$$
$$\overline{NS_0} \parallel \overline{NS_i}$$

Příčné posuny *q* se zobrazí ve velkém měřítku (např. l:l, 2:l, l:2 atd.) na kolmicích, vztyčených v bodě S_0 ke směrům záměr. V průsečíku rovnoběžek, vedených jejich konci se záměrami, se obdrží poloha středu S_i (obr. 2.5).
Kontrolou je grafické odměřeni úseků Δm_{i0}, Δn_{i0} .
Poloměry řezů v jednotlivých úrovních se vypočtou dvakrát ze vztahů, v nichž $\Delta\alpha_i=\alpha_{Pi}-\alpha_{Li}$, $\Delta\beta_i=\beta_{Pi}-\beta_{Li}$:

$$r_i = \frac{m_i \Delta\alpha_i}{2\rho} = \frac{n_i \Delta\beta_i}{2\rho} \quad . \qquad (2.10)$$

Střední chyba jejich určení, závislá na dodržení geometrických parametrů stavby, jednoznačnosti cílení a možnosti volby základny, je 0,03-0,05 m, u nesignalizovaných úrovní nižší. Kružnice, nejlépe barevně odlišená, se vykreslí v obrázku (**obr. 2.5**).

Výška jednotlivých signalizovaných úrovní se vypočte dvojím výpočtem

$$M_{h_i} = h_m + p_m + (m_i - r_i)\cot M_{z_i}$$
$$N_{h_i} = h_m + h_{MN} + p_m + (n_i - r_i)\cot N_{z_i} \quad \text{(m; m, gon)} \qquad (2.11)$$
$$h = \frac{M_{h_i} + N_{h_i}}{2}$$

kde p_M , p_N jsou výšky přístroje nad bodem *M, N*.

Obdobně se počítají výšky nesignalizovaných úrovní. Do předchozích rovnic se za délky m_i, n_i, dosadí vzdálenosti k obvodu komína (náhrada přibližných hodnot m'_i, n'_i). S pomocí **obr. 2.3** platí

$$M_{h_i} = h_m + p_m + \sqrt{m_i^2 - r_i^2}\,\cot M_{z_i}$$
$$N_{h_i} = h_m + h_{MN} + p_m + \sqrt{n_i^2 - r_i^2}\,\cot N_{z_i} \qquad (2.12)$$

kde M_{z_i}, N_{z_i} jsou hodnoty zenitových úhlů, měřených na bod na obvodu.

Přesnost určení výšky signalizovaných úrovní je asi 0,05 m, u nesignalizovaných nižší úměrně kvalitě zaměření (cílení).

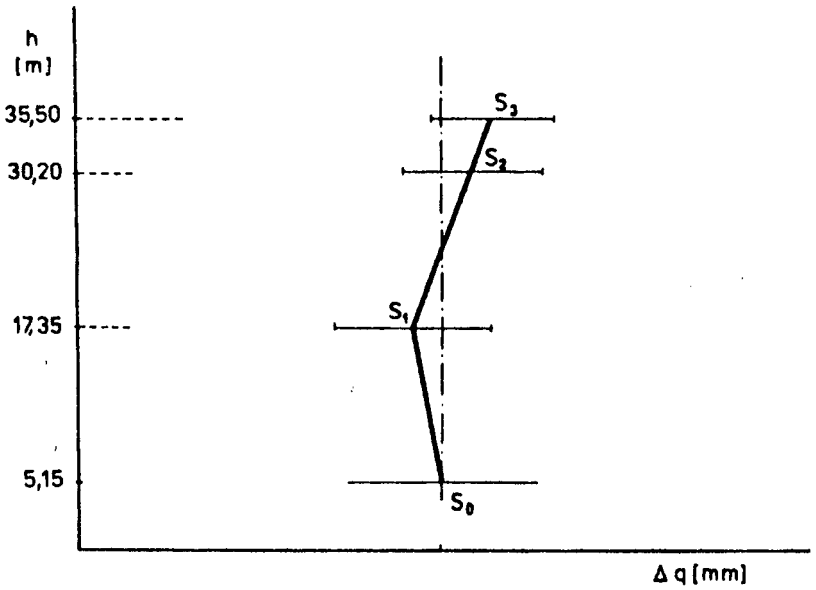
Je nutno upozornit, že je třeba věnovat mimořádnou pozornost cílení na vrchol komína, na němž může ležet větrem k jedné straně navátá vrstva sazí nebo může byt poškozen povětrností.

2. 7 Sestavení výsledků

Číselné výsledky, tj. vypočtené hodnoty poloměrů v jednotlivých úrovních a výšky těchto úrovní se spolu s hodnotami posunů středů u_b, u_l, zapíší do jednoduché tabulky.

Hodnoty u_0, u_q se odměří z **obr. 2.5**; každá z poloh středů jednotlivých úrovní se vztahuje k úrovni základní, tj. S_0 . Posun u_e je ve směru kolmém k základně *b*, posun u_q je příčným posunem, tedy ve směru rovnoběžném se základnou. Zejména posun u_q je třeba významově odlišit od posunů q_{Mi}, q_{Ni} , které jsou vztaženy ke směru záměry. Základem

grafického znázornění výsledků je již vyhotovený obr. 2.5, který je možno doplnit zobrazením v náryse (**obr. 2.6**). Výšky a průměry jednotlivých úrovní se zobrazují ve vhodném měřítku např. l:100, l:200 apod., příčné posuny podle velikosti v měřítku l:2 až l:10, výjimečně i větším.

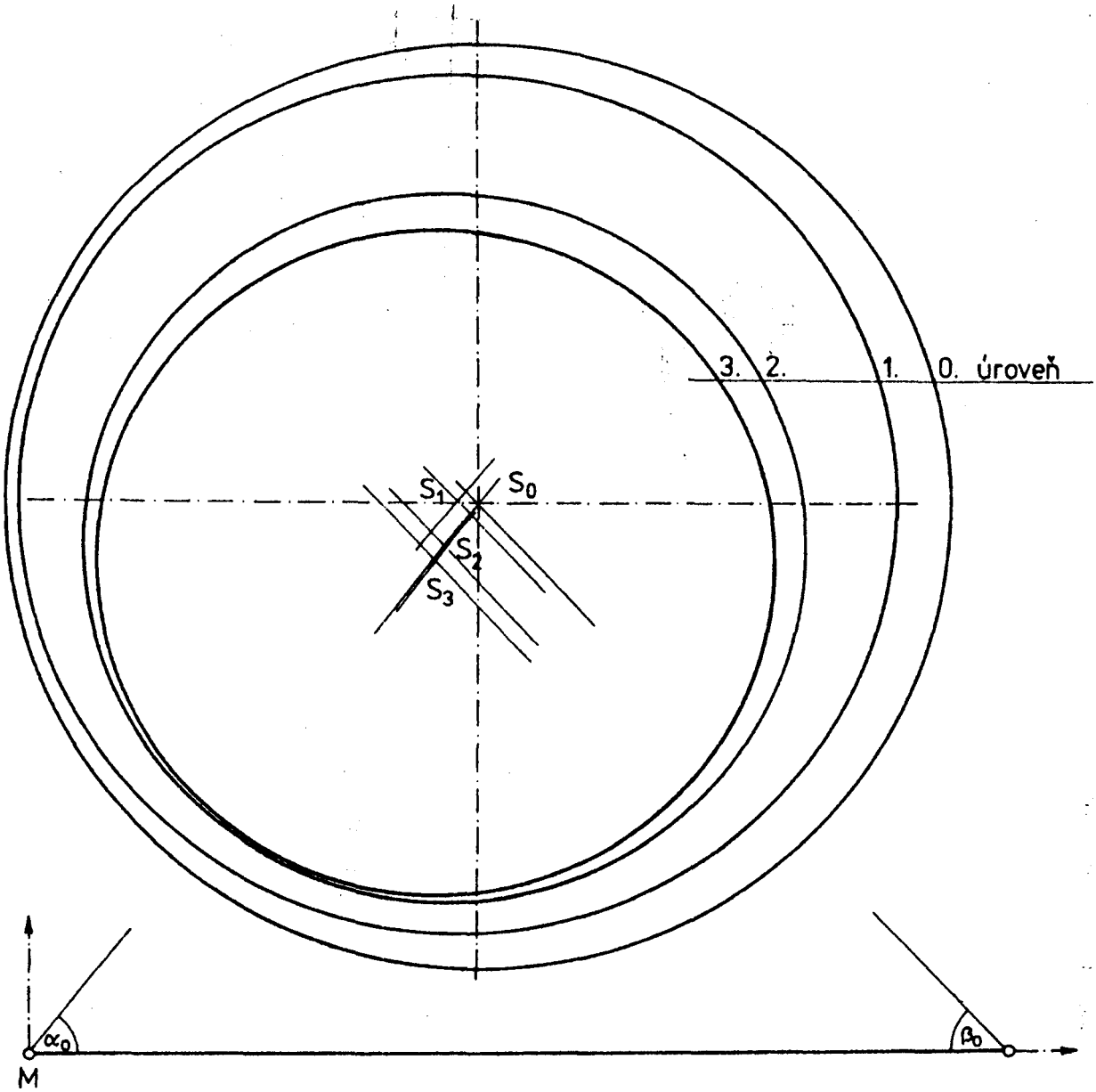


Obr. 2.6 Zobrazení v náryse

Velmi názorné je již zmíněné axonometrické zobrazení. Příklady grafického zpracování skutečného měření jsou uvedeny v příloze XII. - XIV.

Bezpečnost práce je značně ovlivněna prostředím, v němž práce probíhají. Většinou půjde o areály průmyslových podniků s volbou základny v komunikaci.

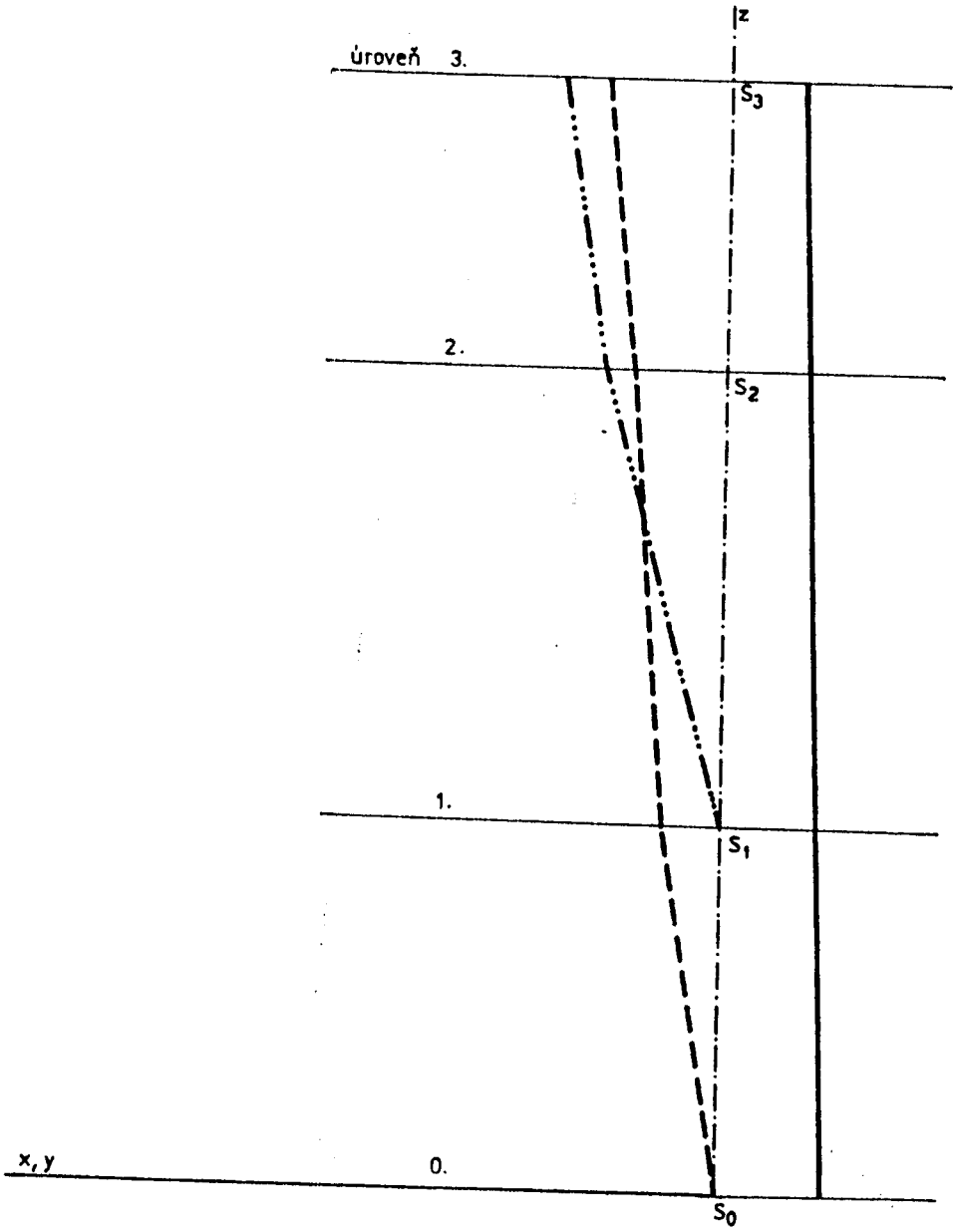
Podnik AB, komín haly C
Půdorys řezů



Měřítko situace 1:200
posunů 1:5
poloměrů 1:20
Datum 9.5.1984 Vyhotovil.....

AB n.p. – komín hala C

Nárys posunů



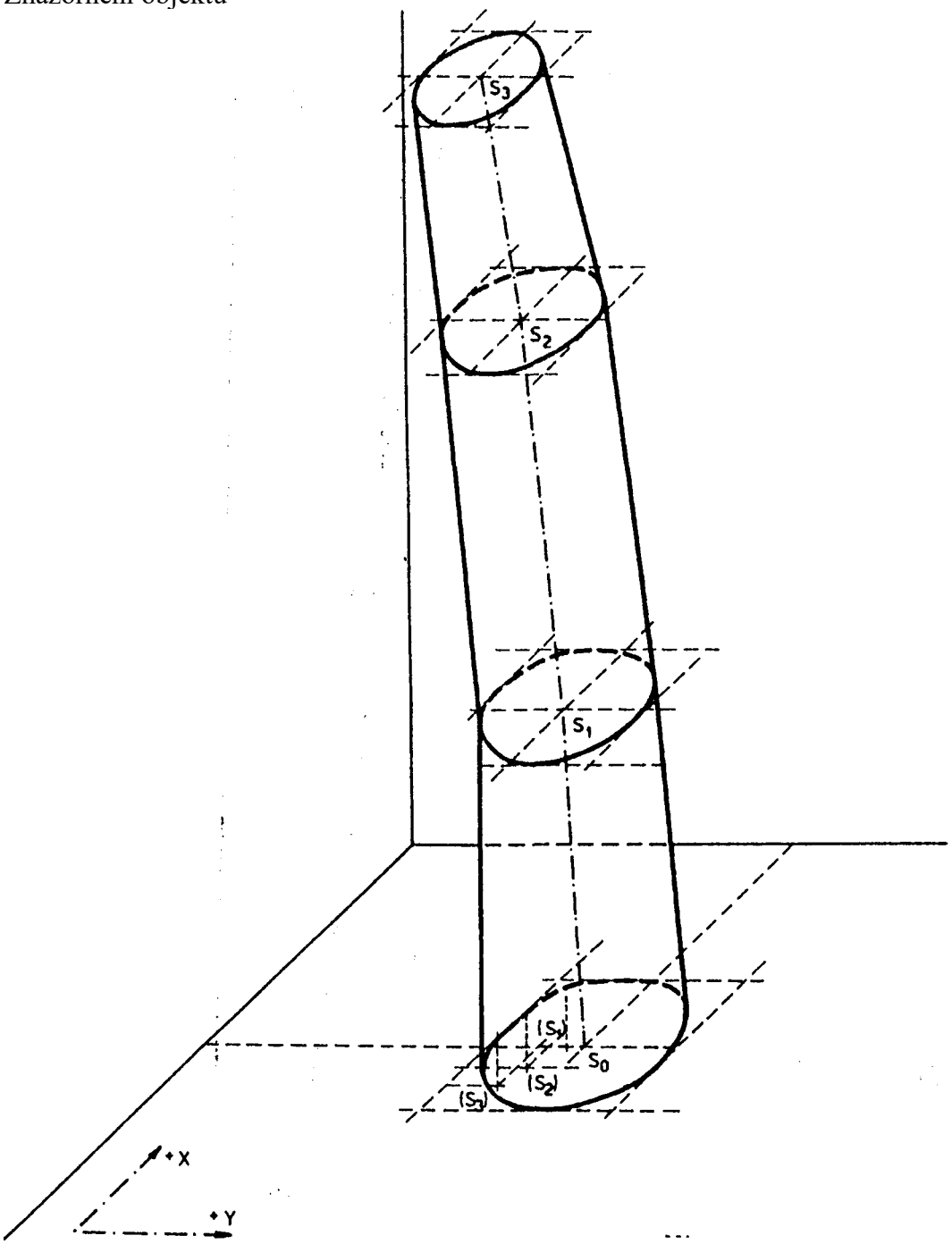
Legenda: posuny x
posuny y
obrys

Měřítko: výšek 1 : 200
posunů 1 : 2
poloměry 1 : 100

Datum : 9.5.1984

Vyhotovil : Formáll

Podnik AB - komín haly C
Znázornění objektu



Měřítko výšek 1:200
poloměrů 1:100
posunů 1:5

Datum: 10.5.1984
Vyhotovil: