

PREGLED OSTVARENJA TEHNOLOGIJE KOMPAKTIRANJA

Ivan Grozdanić, Zagreb

UDK 621.31.42
PREGLEDNI ČLANAK

Postignuta su rješenja (postupci): za pretvorbu dalekovoda nižega napona u dalekovode višega napona, za izgradnju novih dalekovoda smanjenih gabarita (jednosistemskih, višesistemskih, višenaponskih) i za pretvorbu jednosistemskih u dvosistemskih dalekovode. Rješenja su izvediva na postojećim i novim tipskim i drugim stupovima, jednosistemskim oblika "igla", "jela" i "Y" i dvosistemskim oblika "jela", "bačva" i "Dunav". Rješenja se baziraju: na geometrijskom rasporedu užadi na stupovima, na elektromehaničkim svojstvima kompozitnih štapnih izolatora, na svojstvima novih užadi od aluminijskih legura, kao i na svojstvima termootpornih užadi.

Rješenja omogućuju: optimalno korištenje trasa postojećih dalekovoda, povećanje prijenosne snage, odgađanje izgradnje novih dalekovoda, smanjenje troškova izgradnje, suženje koridora objekta, sniženje dalekovoda, smanjenje površine temelja, povećanje sigurnosti, poboljšanje estetskog izgleda, bolje uklapanje dalekovoda u okoliš i zaštitu prirode.

Ključne riječi: tehnologija kompaktiranja dalekovoda, pokretne konzole, kompozitni štapni izolatori, pretvorba, jedno i dvosistemski dalekovodi, višenaponski sustavi, čeličnoretkast i poligonalni stupovi.

PREGLED OSTVARENJA TEHNOLOGIJE KOMPAKTIRANJA

Tehnologija kompaktiranja, rekonstrukcija postojećih i gradnja novih dalekovoda, datira od druge polovine 70-tih godina prošlog stoljeća. Prva rješenja bila su bazirana na primjeni reduciranih stupova i temelja i konzolne krute jednoštapne i složene dvoštapne izolacije. Primjenjivali su se porculanski i kompozitni potporni nosivi jednoštapni izolatori i s dodatnom gornjom nosećom zategom dvoštapni izolatori. Zatezni štapni izolatori izvodili su se od jednakog izolacijskog materijala. Postizala bi se ekološka, ali ne i ekonomska i još teže energetska i sigurnosna rješenja.

Kruta konzolna izolacija limitirana je dužinom (naponom) i mehaničkim opterećenjem (strujom). U oštrijim klimatskim uvjetima pojačano zaleđivanje i vjetar stvarali bi dodatna nejednolika opterećenja na užetima što bi rezultiralo diferencijalnim vlačnim naprezanjima vodiča i dovelo do oštećenja (loma) potpornog izolatora. Sigurnost dalekovoda postizala bi se znatnim smanjenjem raspona, tj. povećanjem broja stupova, a time i cijene objekta.

Prema publikaciji Sediver-a iz 1991. [1], kompaktirana rješenja s krutom konzolnom izolacijom prakticirana su do napona 230 kV, a zadržala su se na srednjem naponu (sl. 22 i 23).

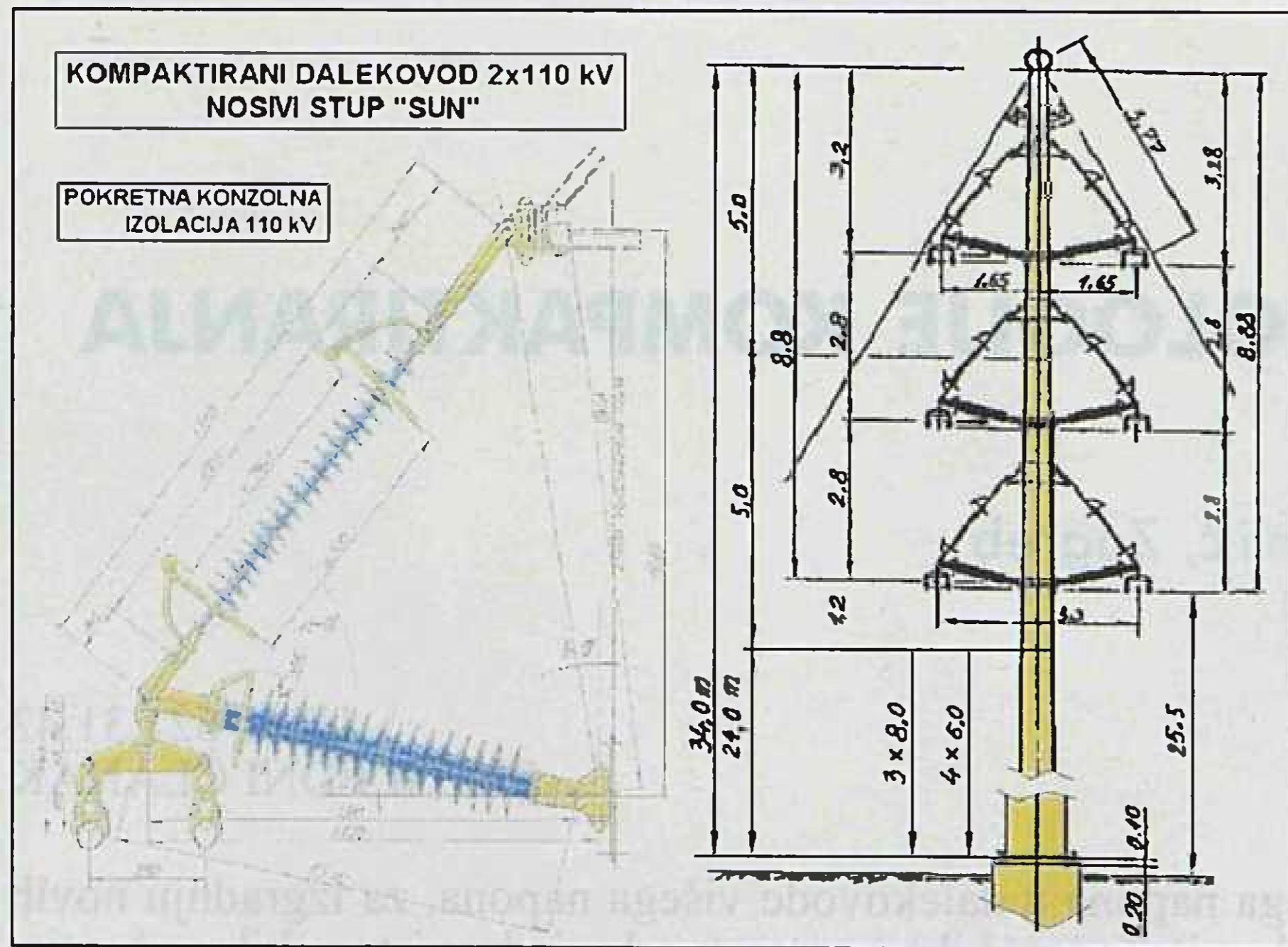
Tragalo se za rješenjima konzolne izolacije na nosivim stupovima dalekovoda ($\cong 90\%$), koja bi omogućavala veća mehanička opterećenja i primjenu kod viših napona. Postignuto je rješenje složene konzolne kompozit-

ne izolacije s 2 hvatišta na stupu i mogućnošću zakretanja, uzdužnog gibanja vodiča (sl.1). Time se eliminirao diferencijalni vlak u vodičima, koji bi dovelo do oštećenja donjega potpornog izolatora na izlazu iz fittinga (spoj metalnog nastavka i fiberglasnog štapa izolatora). Ujedno se, što je još bitnije, utrostručila mehanička sigurnost potpornog (donjeg) izolatora. Stvorena je "pokretna konzola", s rezultirajućim vlačnim opterećenjem na gornjem štapu i tlačnim opterećenjem na donjem potpornom štapu. Na korektno projektiranoj pokretnoj konzolnoj izolaciji, osim vlaka na gornjem i tlaka na donjem štapu, druga mehanička opterećenja ne bi se pojavljivala.

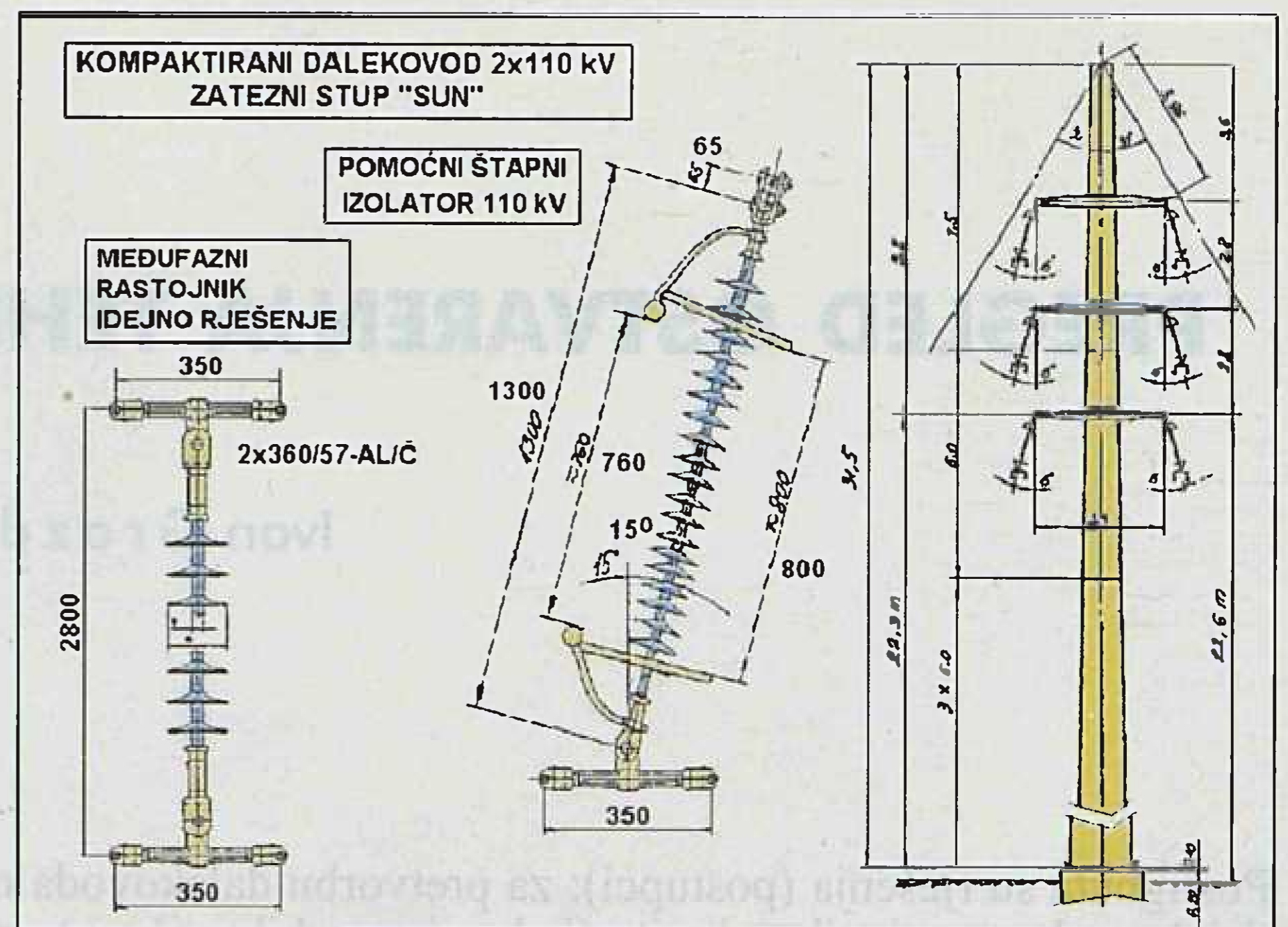
Na priloženim slikama (1 – 23) dan je kratki opis rješenja i postupaka te predvidivih parametara tehnologije kompaktiranja.

Zbog eliminacije visećih izolatorskih lanaca i adekvatnog podizanja ovjesišta vodiča (stvaranja rezervi u elektromontažnim parametrima), postalo je jasno da će se uspješnim rješavanjem donjega potpornog kritičnog tlačnog opterećenja izolacije i adekvatne stabilizacije stupova i temelja omogućiti pretvorba postojećih dalekovoda u dalekovode višega napona, (sl. 9, 10, 19, 20 i 21).

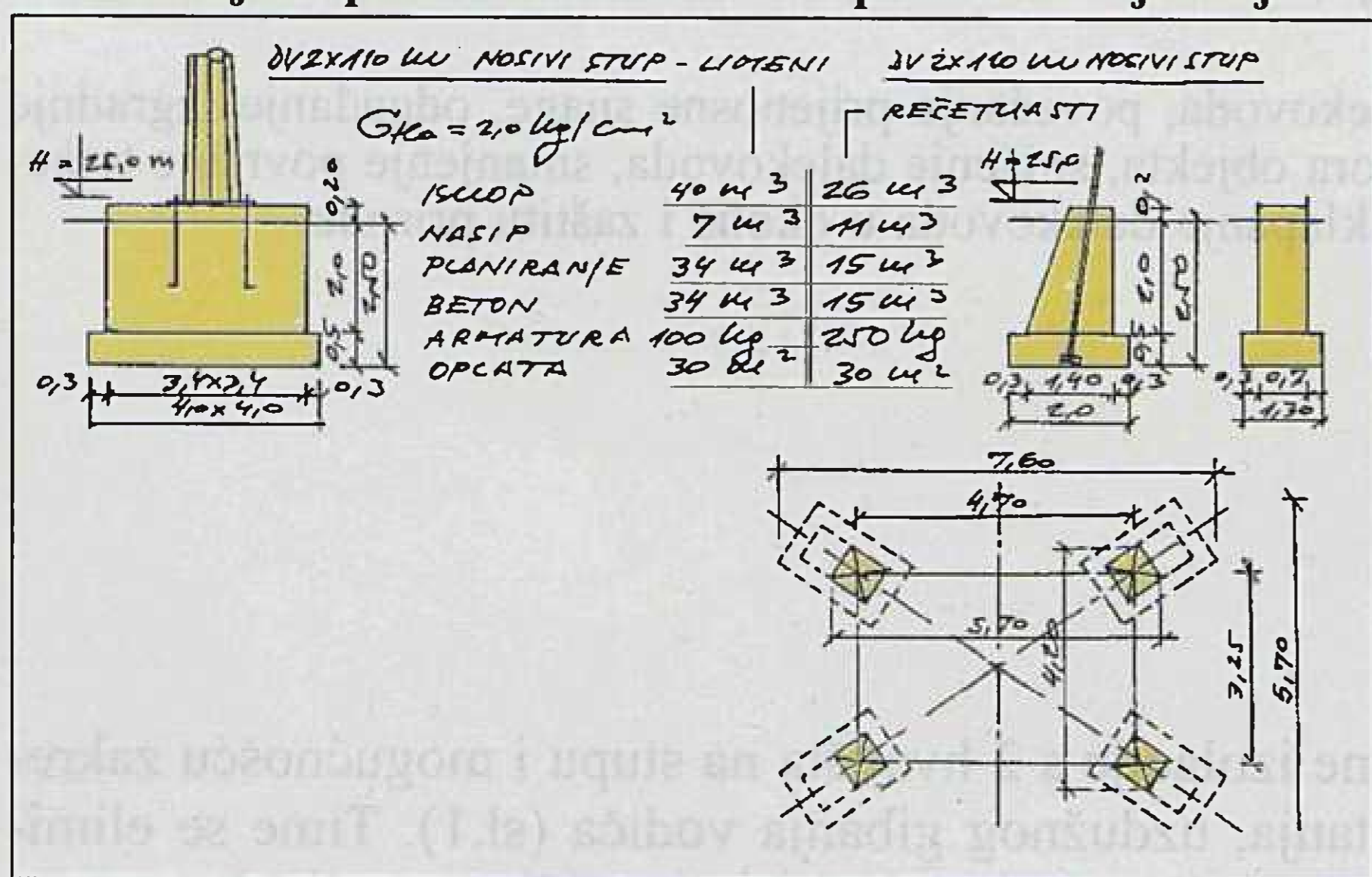
Smanjenjem razmaka između vodiča, koji bi se održavali ugradnjom laganih međufaznih rastojnika, stvoreni su dielektrični uvjeti, uz nužne graditeljske zahvate, za udvostručenje postojećih dalekovoda i bolje korištenje postojećih trasa i koridora dalekovoda (sl. 16 i 17).



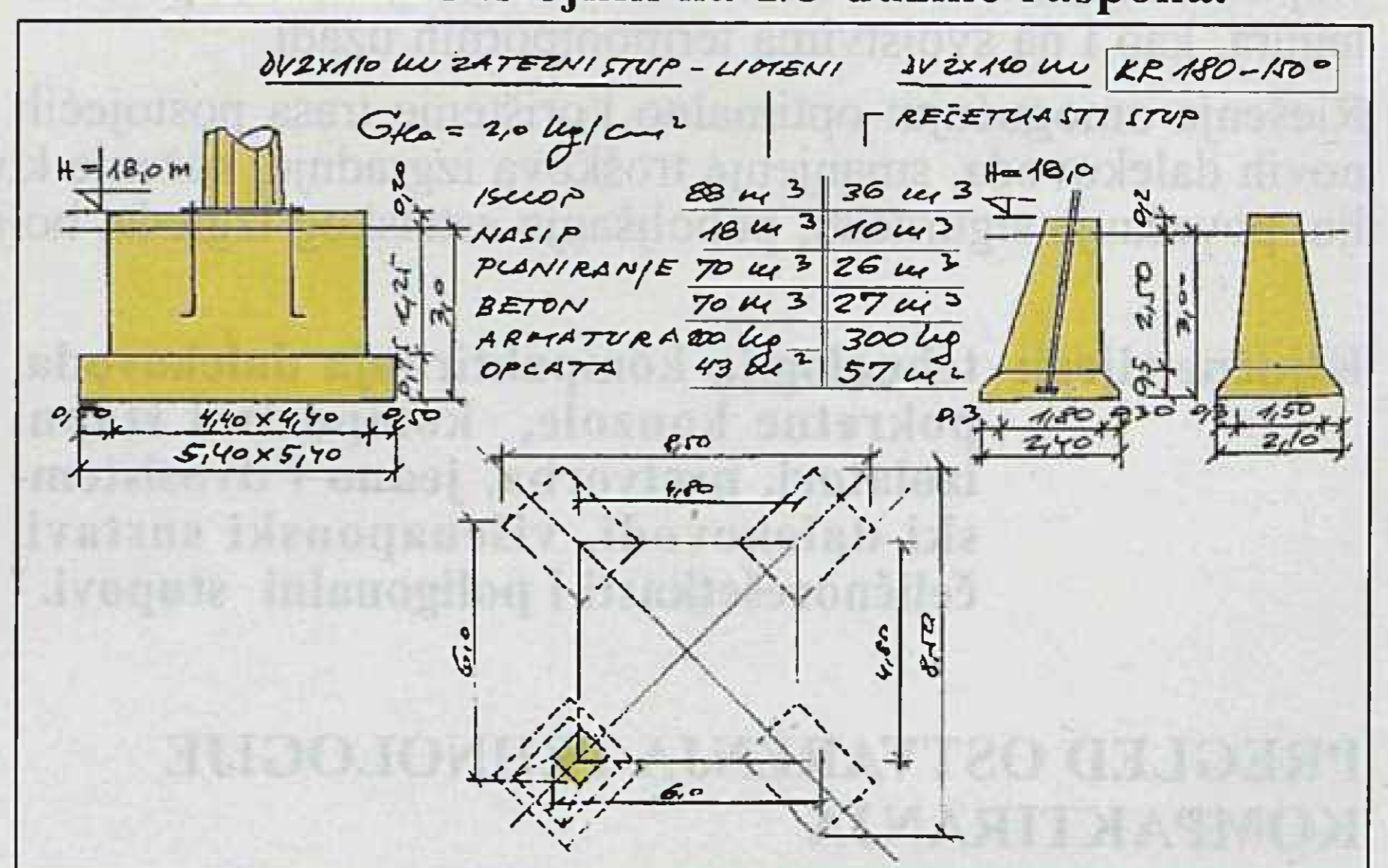
Slika 1. Dvosistemski poligonalni, limeni, uzdužno vareni, usadni stup. Konzolna složena pokretna izolacija - "pokretna konzola" - pouzdano rješenje.



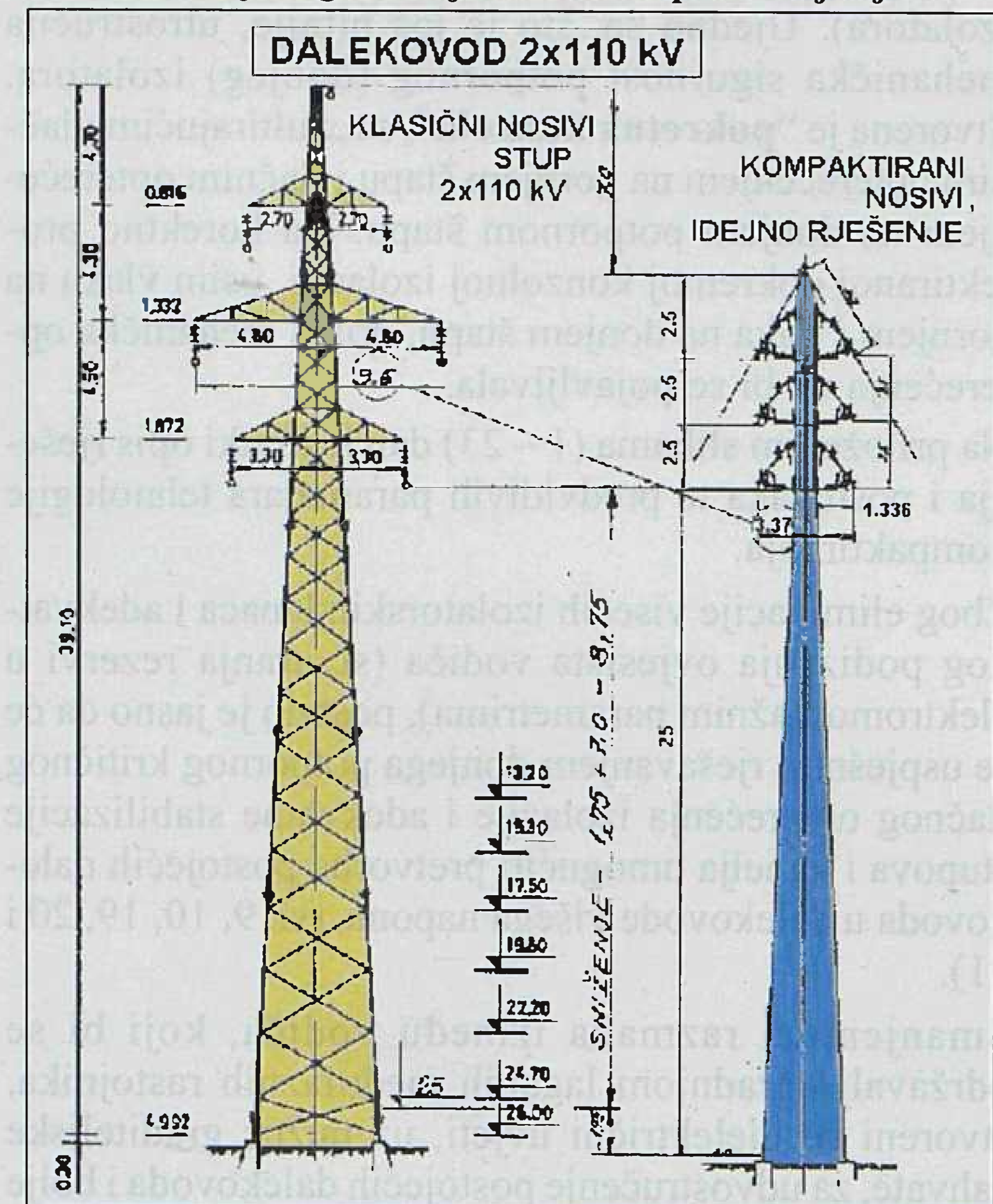
Slika 2. Dvosistemski poligonalni, limeni, uzdužno vareni, usadni stup. Pomoćni štapni izolator po potrebi. Međufazni rastojnik na 1/3 dužine raspona.



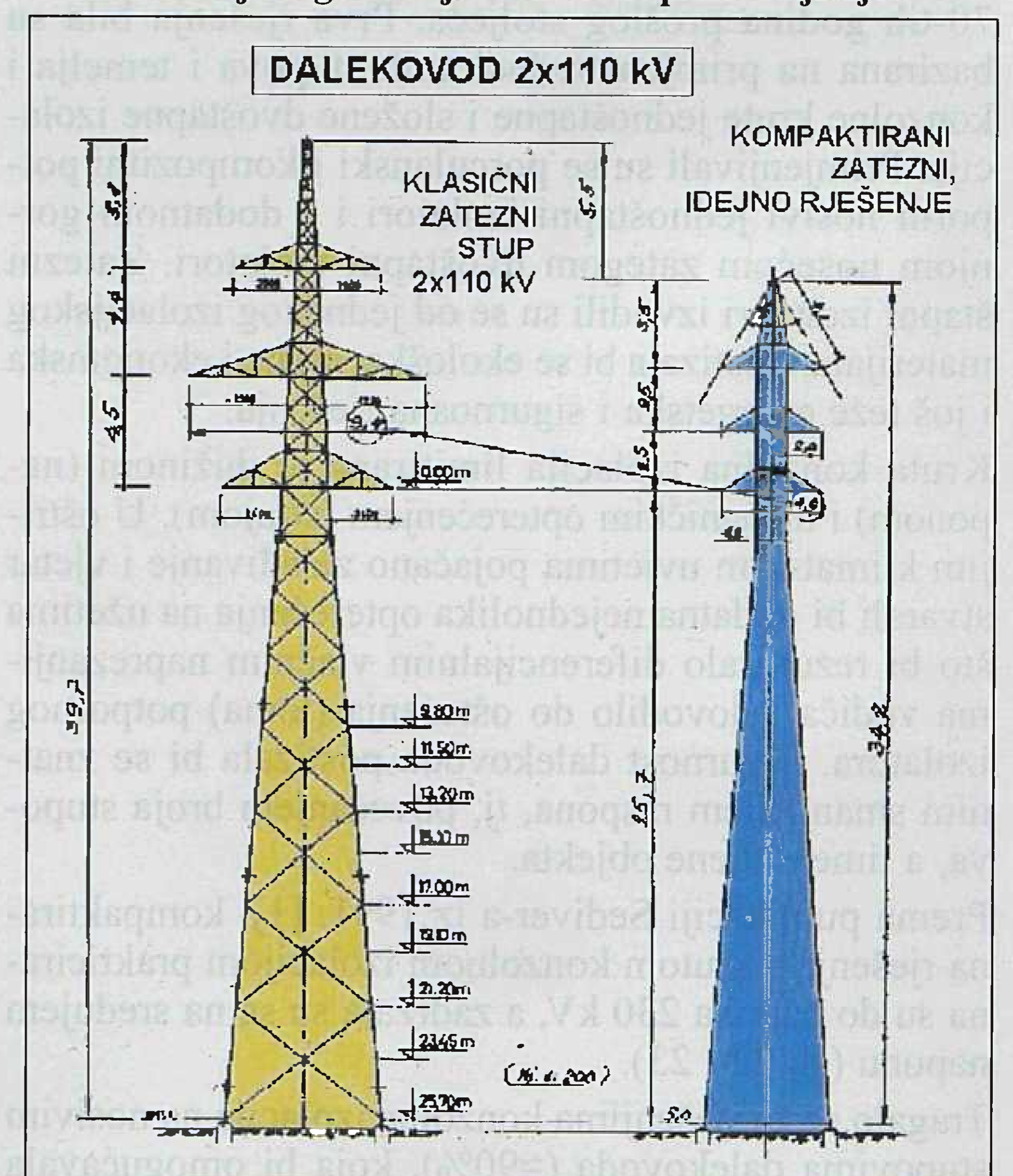
Slika 3. Blok temelj nosivog poligonalnog stupa sa stopom i sidrenim vijcima. 2,7 puta manja površina od raščlanjenog temelja: ekološki prihvatljivije.



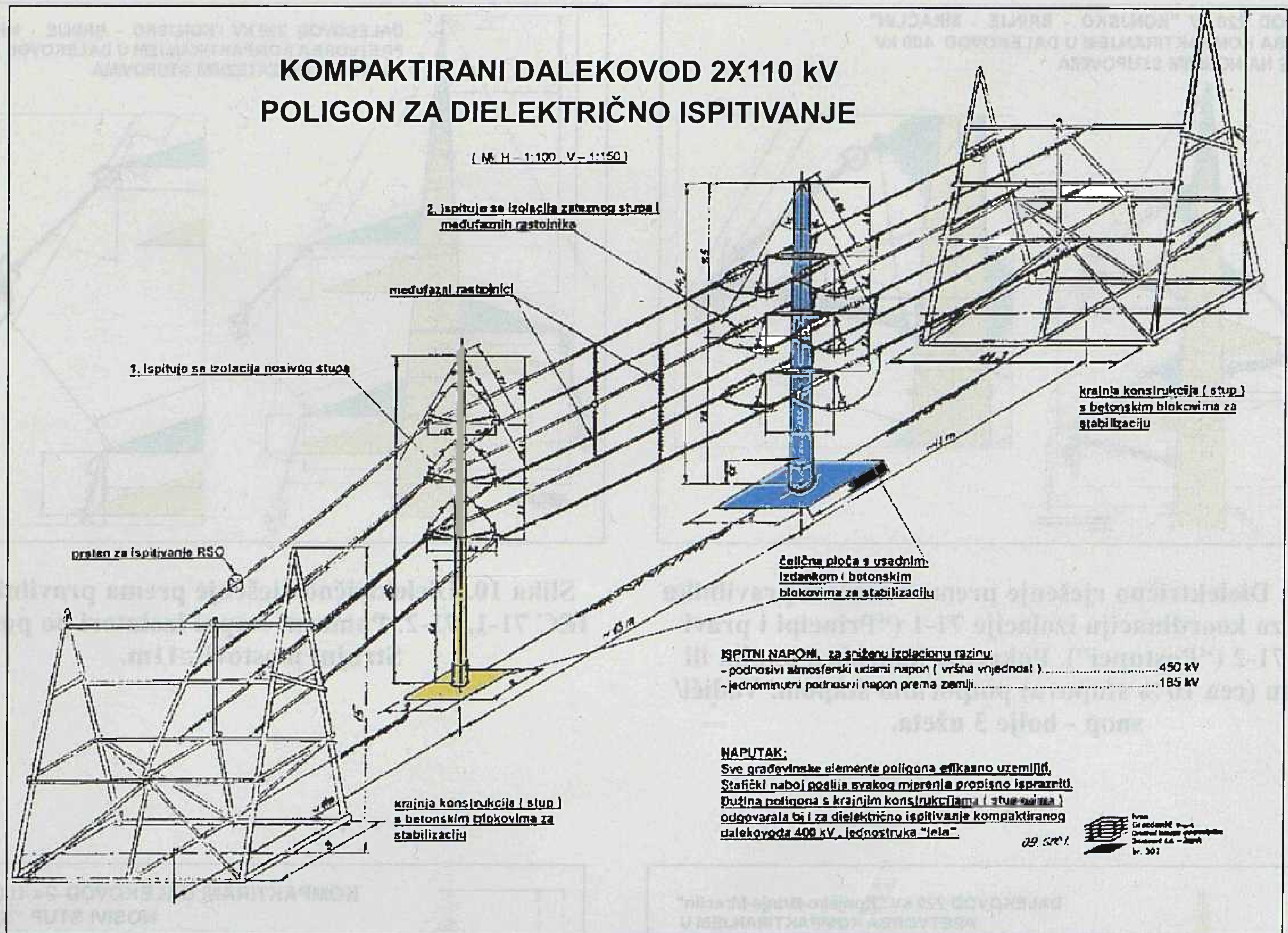
Slika 4. Blok temelj zateznog poligonalnog stupa sa stopom i sidrenim vijcima. 2,5 puta manja površina od raščlanjenog temelja: ekološki prihvatljivije.



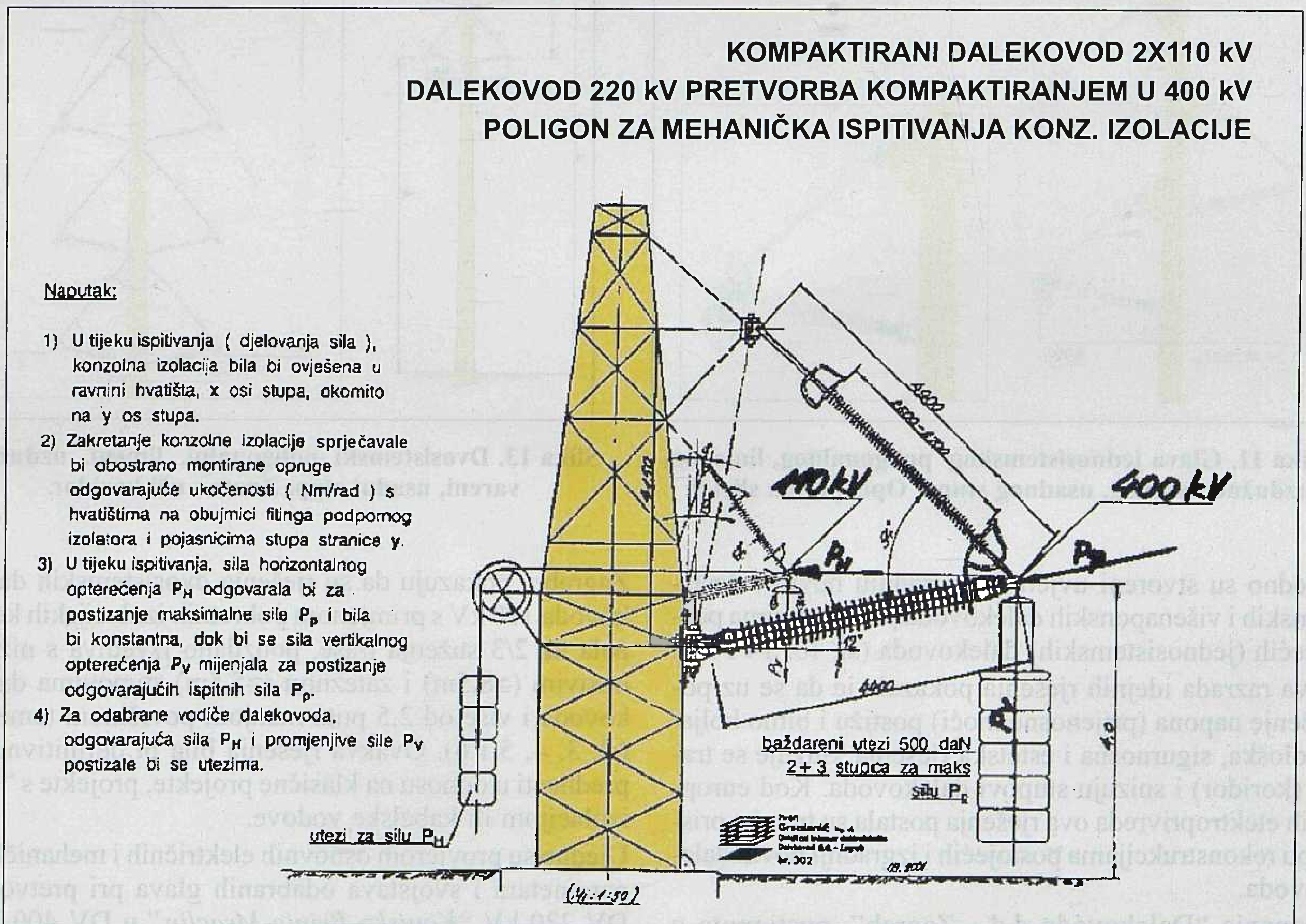
Slika 5. Usporedba "klasično-kompaktirano": za jednaki raspon 8.75m kraći stup, znatno suženje trase



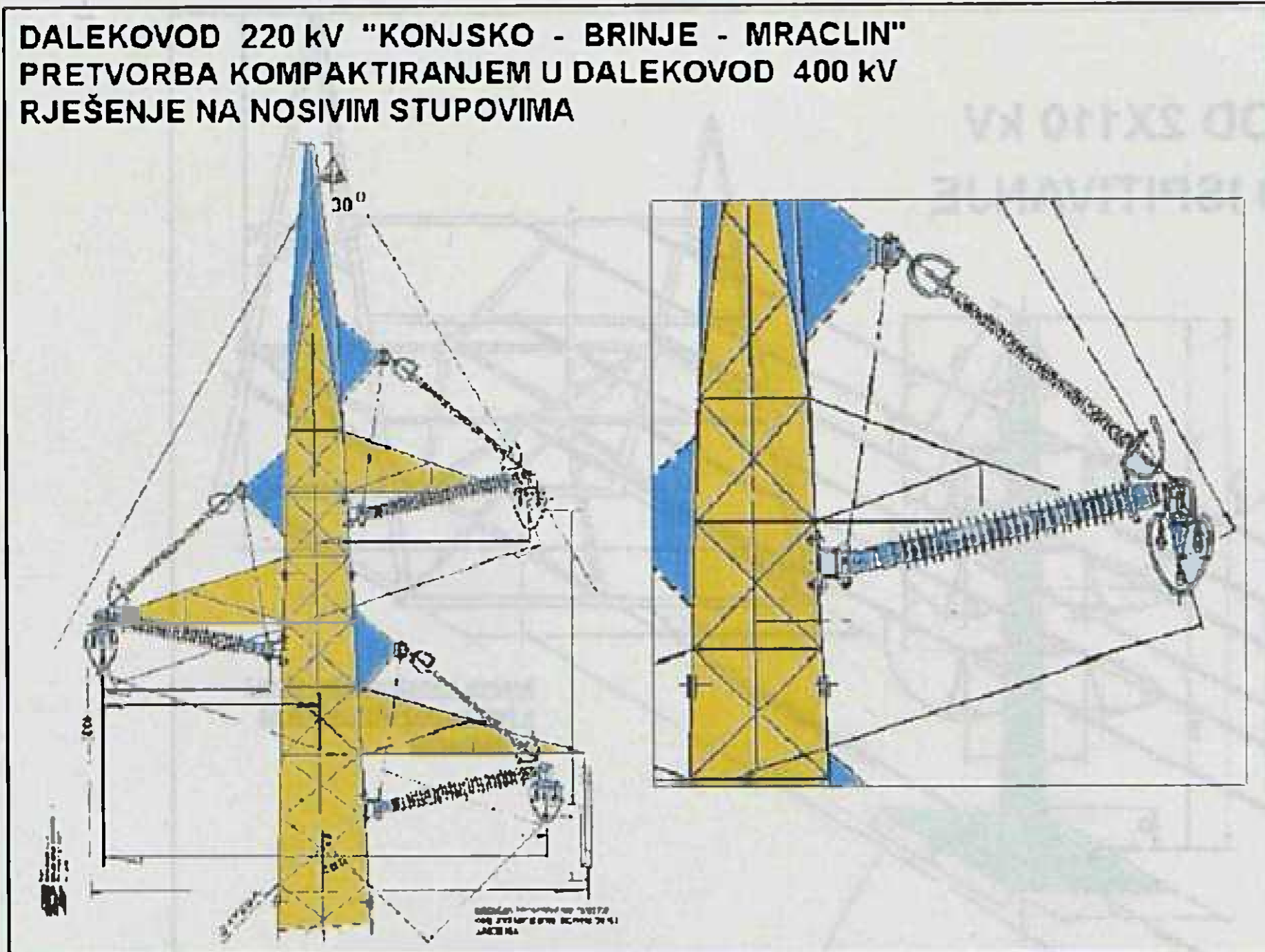
Slika 6. Usporedba "klasično-kompaktirano": za jednaki raspon 5.5m kraći stup, znatno suženje trase



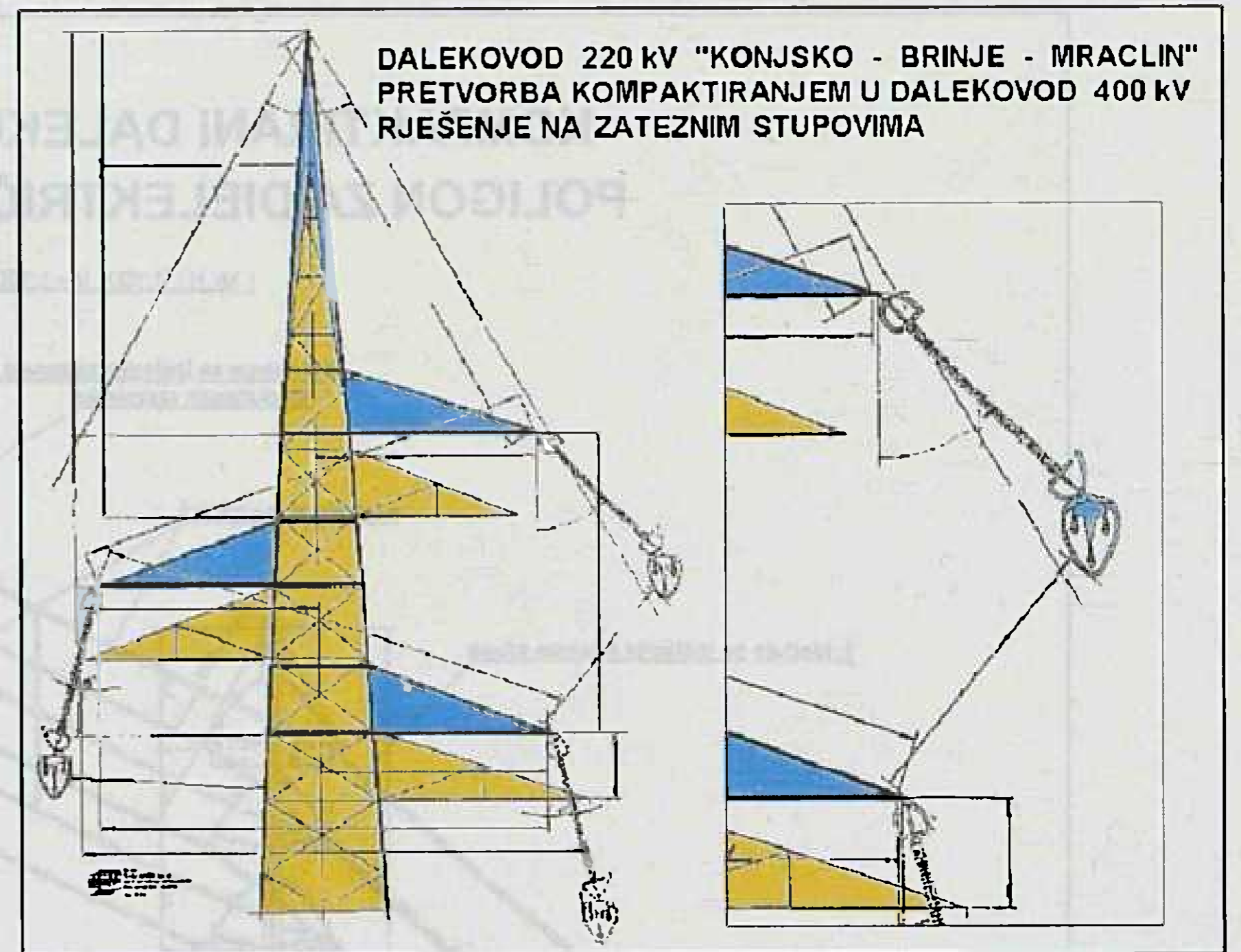
Slika 7. Tipsko ispitivanje stupova, potvrda valjanosti dielektričkih tipskih rješenja stupova i dielektričnih rješenja izolacije. Ispitivanje izolacije na luk snage u Češkoj - Behovice.



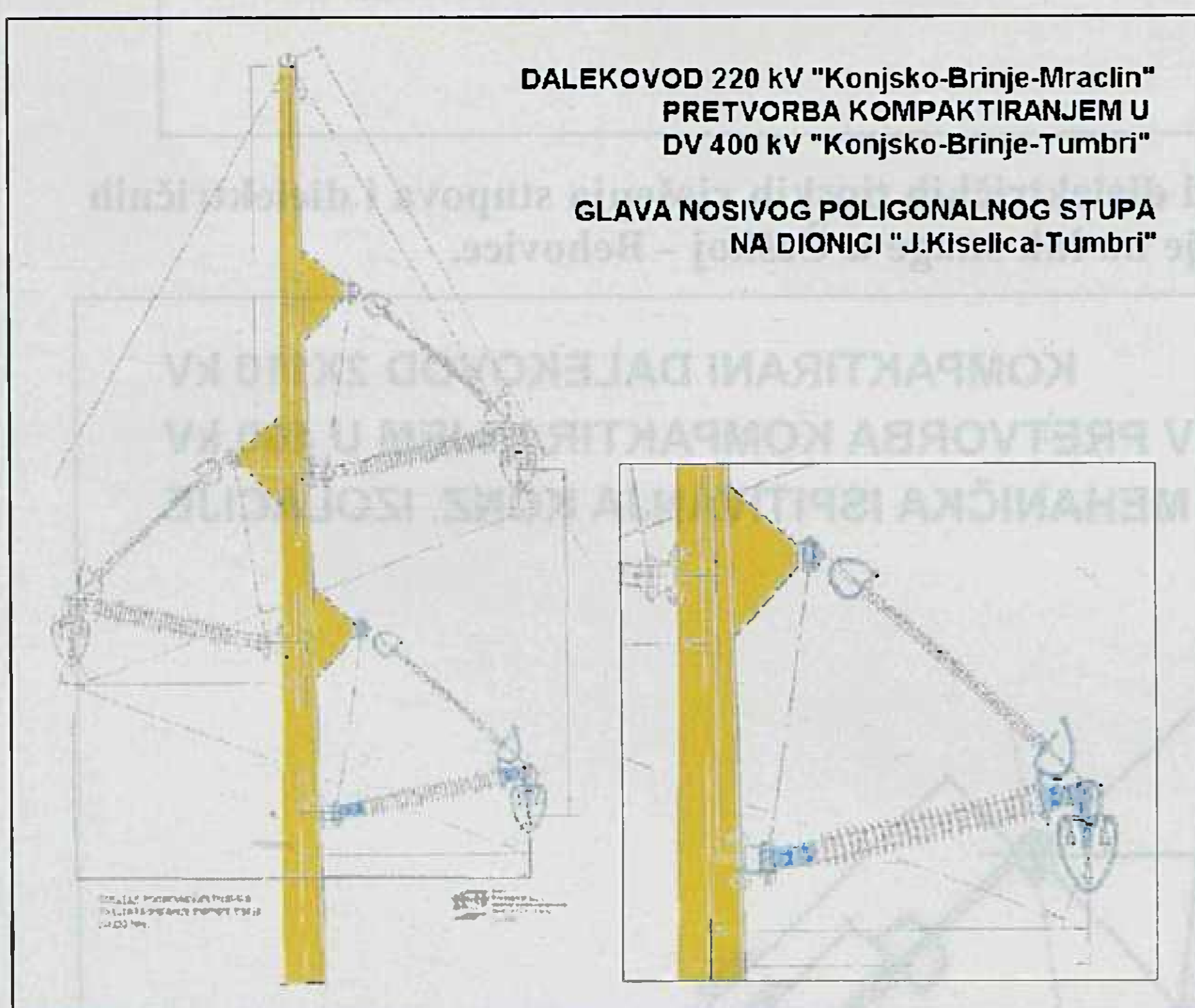
Slika 8. Ispitivanje izolacije na: tlak, vlak, vibracije i precizno mjerenje dužine (Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb). Potvrda valjanosti mehaničkih rješenja izolacije.



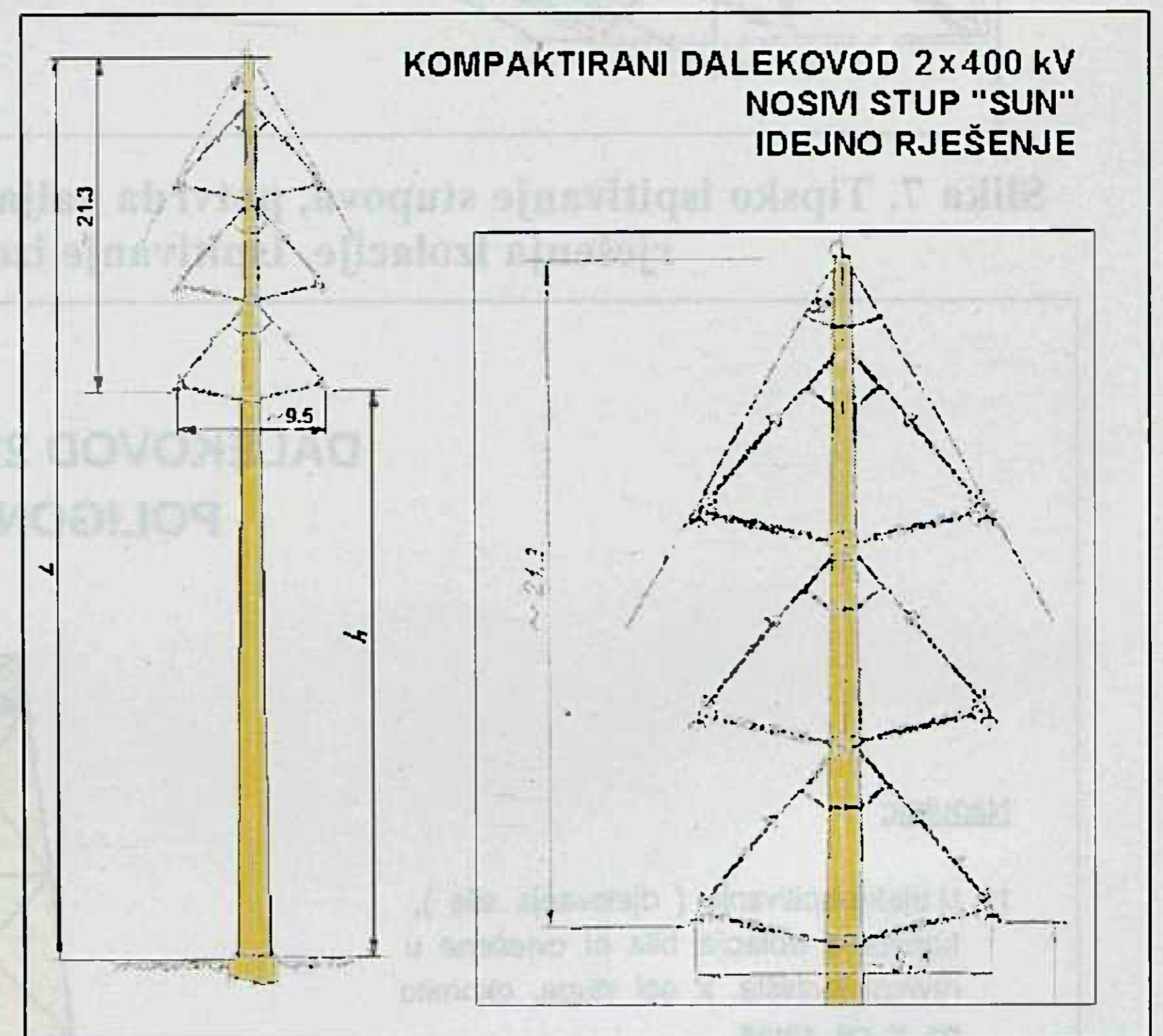
Slika 9. Dielektrično rješenje prema važećem pravilniku i IEC za koordinaciju izolacije 71-1 ("Principi i pravila"), 71-2 ("Postupci"). Pokretna konzola s punim ili šupljim (cca 10% stupova) potpornim štapom. Vodiči/snop - bolje 3 užeta.



Slika 10. Dielektrično rješenje prema pravilniku i IEC 71-1, 71-2. Pomoćni štapni izolatori po potrebi. Strujni mostovi ≈ 11 m.



Slika 11. Glava jednosistemskog poligonalnog, limenog, uzdužno varenog, usadnog stupa. Opis prema slici 9.



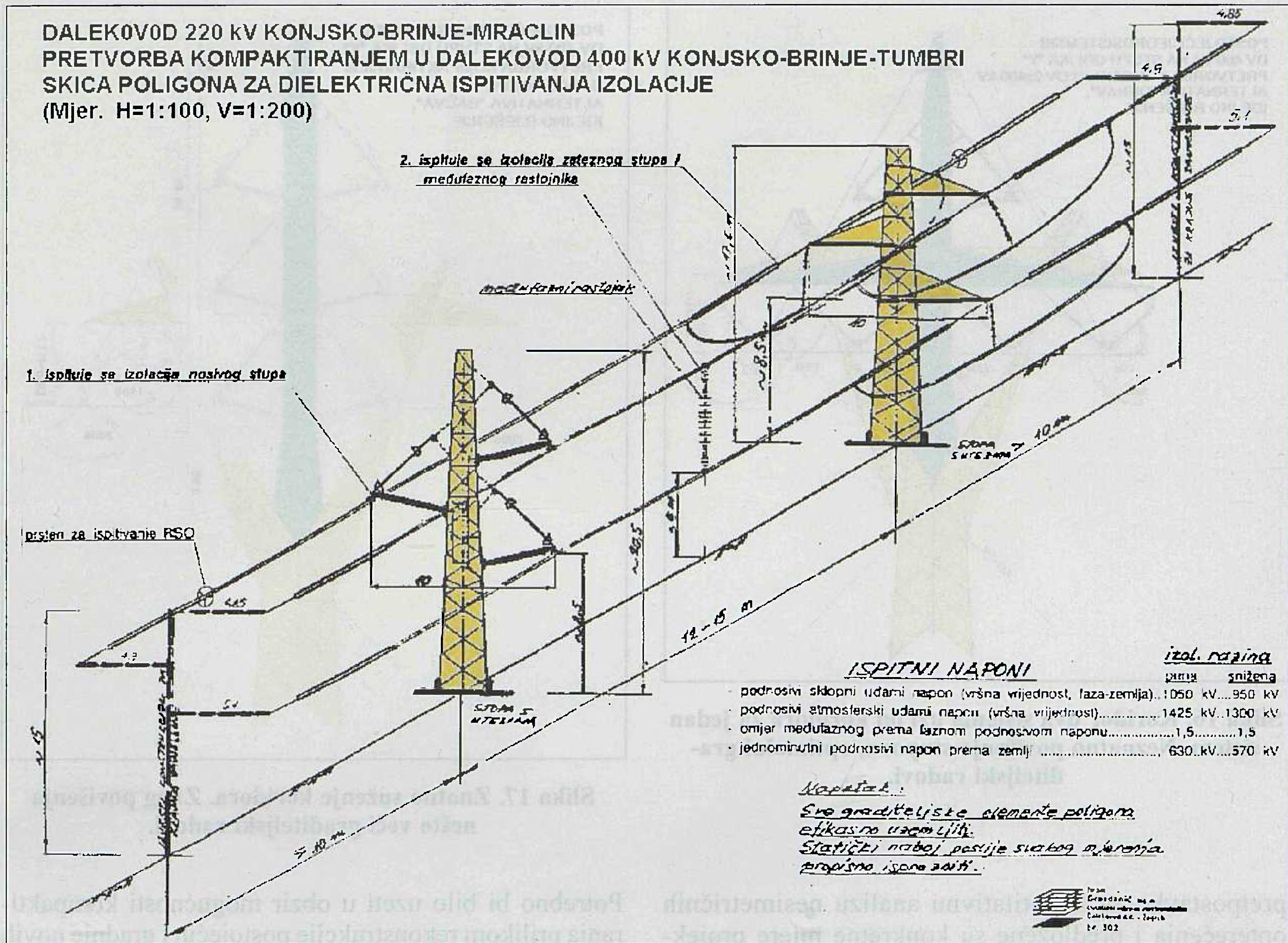
Slika 13. Dvosistemski poligonalni, limeni, uzdužno vareni, usadni stup. Znatno uži koridor.

Ujedno su stvoreni uvjeti za izgradnju novih višesistemskih i višenaponskih dalekovoda po koridorima postojećih (jednosistemskih) dalekovoda (sl. 13, 14 i 15). Prva razrada idejnih rješenja pokazala je da se uz povišenje napona (prijenosne moći) postižu i bitno bolja: ekološka, sigurnosna i estetska rješenja. Sužuje se trasa (koridor) i snizuju stupovi dalekovoda. Kod europskih elektroprivreda ova rješenja postala su trend u pristupu rekonstrukcijama postojećih i izgradnji novih dalekovoda.

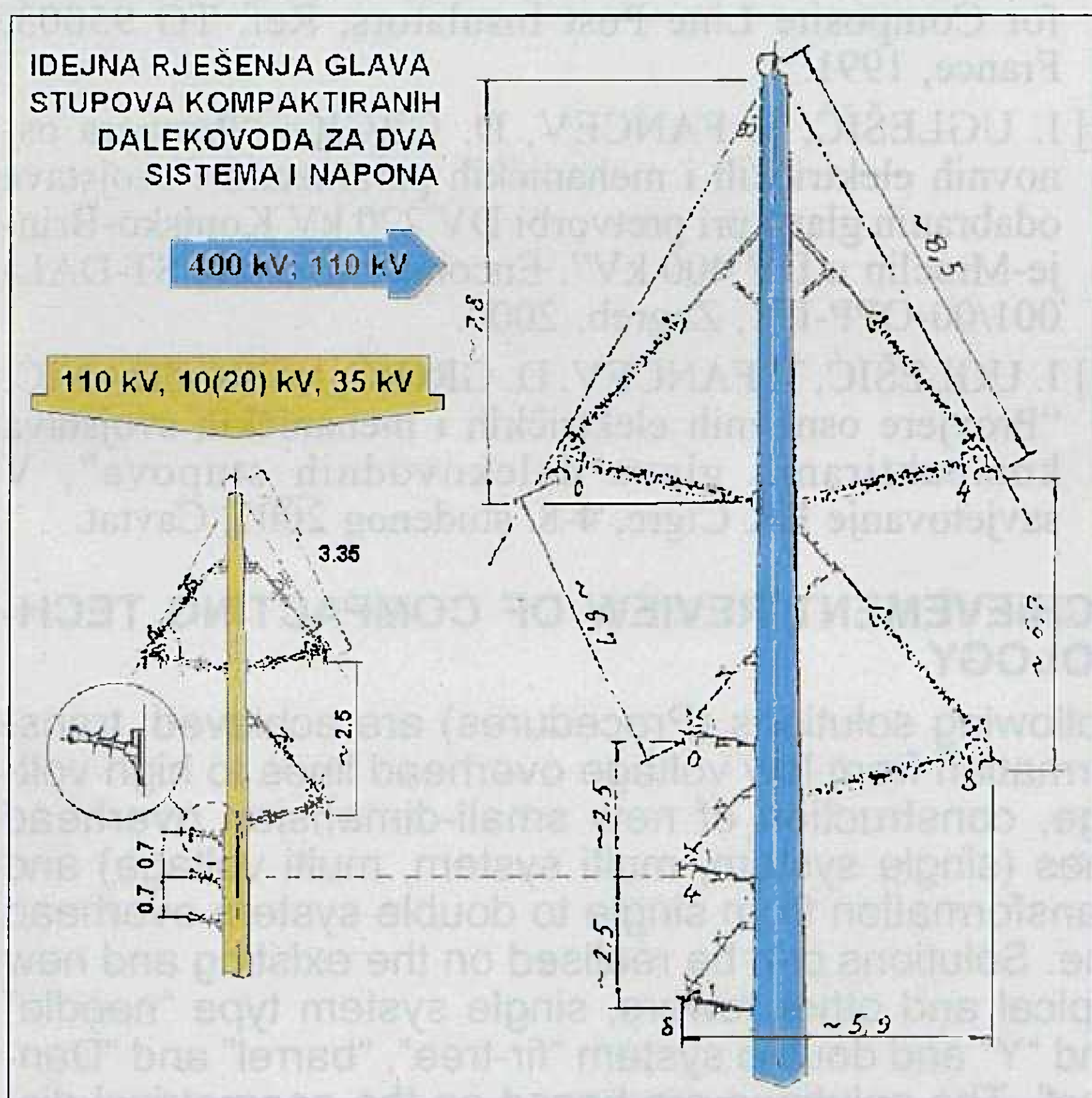
Saznanja "Dalekovoda d.d - Zagreb", postignuta u suradnji sa Zavodom za visoki napon i energetiku, Fakulteta elektrotehnike i računarstva, Sveučilišta u

Zagrebu, pokazuju da su rješenja dvosistemskih dalekovoda 110 kV s primjenom pokretnih izolacijskih konzola uz 2/3 suženja trase, pouzdano izvediva s nižim nosivim ($\approx 8,5$ m) i zateznim ($\approx 5,5$ m) stupovima dalekovoda i više od 2,5 puta manjom površinom temelja (sl. 3, 4, 5 i 6). Ovakva rješenja bila bi definitivno u prednosti u odnosu na klasične projekte, projekte s "V" izolacijom ili kabelaške vodove.

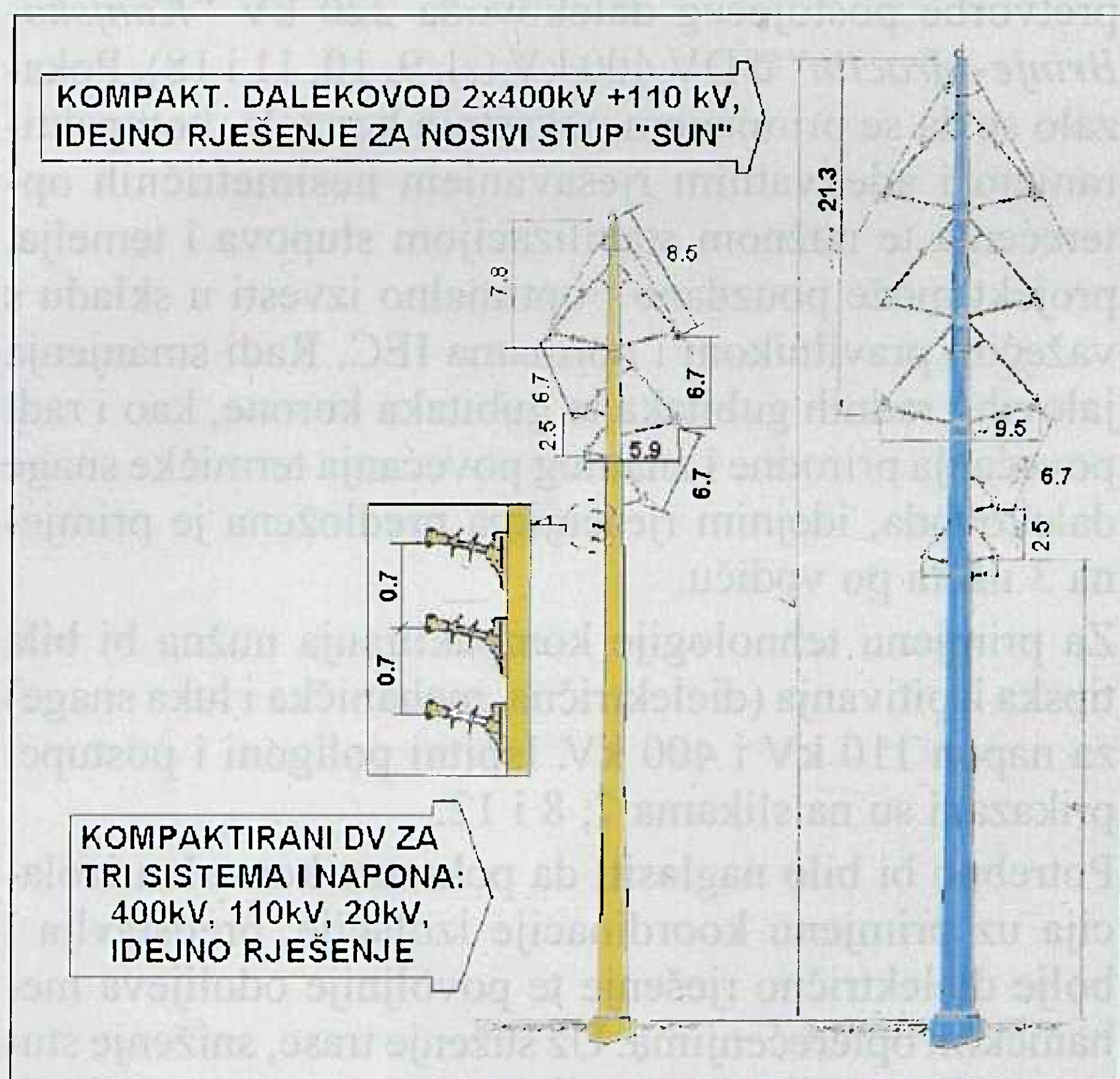
Ujedno su provjerom osnovnih električnih i mehaničkih parametara i svojstava odabranih glava pri pretvorbi DV 220 kV "Konjsko-Brinje-Mraclin" u DV 400 kV [2] i razvojem projektantskih alata "PROYAL" [3], na Zavodu za visoki napon i energetiku FER-a, stvorene



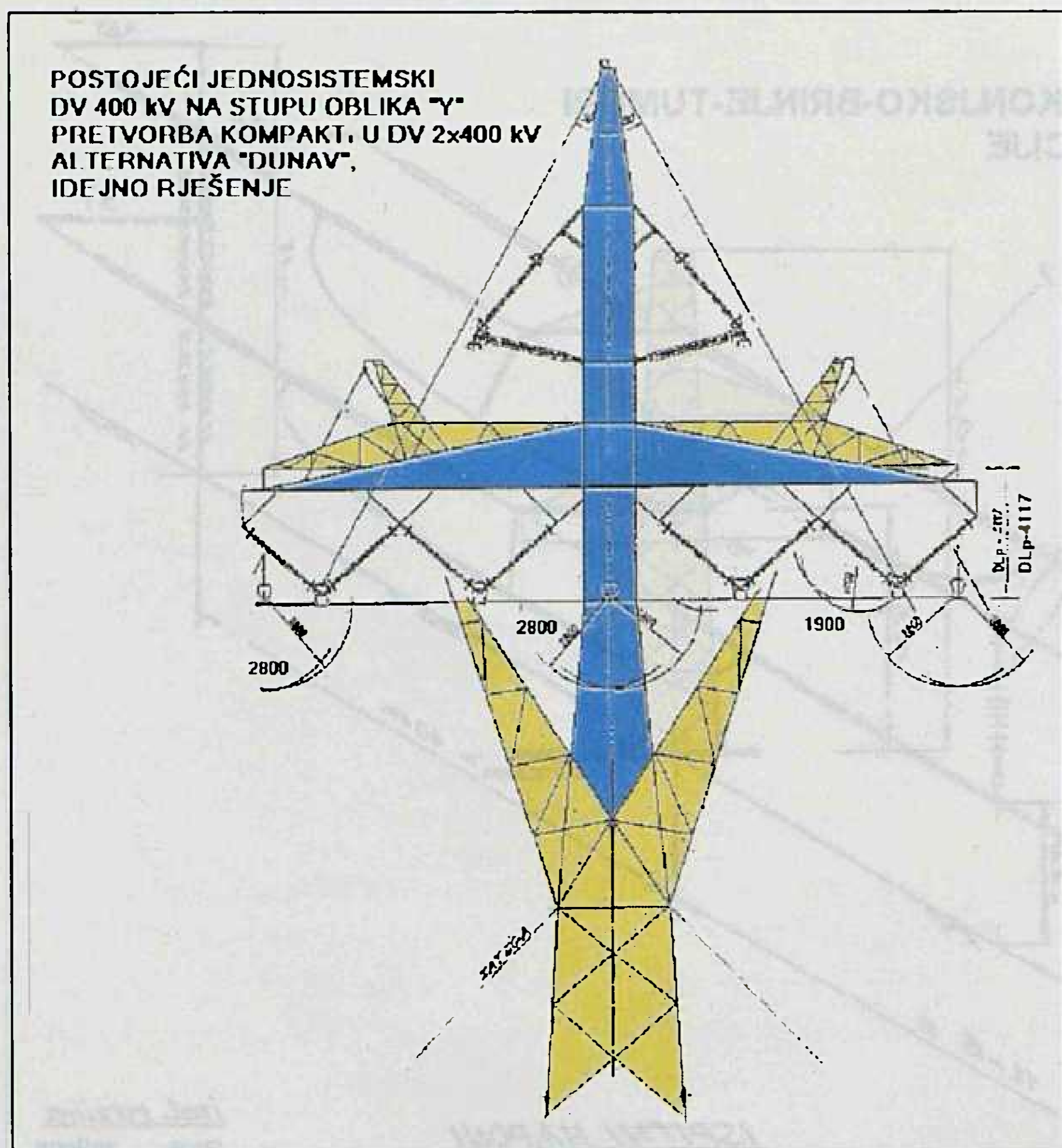
Slika 12. Tipsko ispitivanje stupova prethodi izradi glavnog projekta. Potvrda valjanosti dielektričnih tipskih rješenja stupova i dielektričnih rješenja izolacije. Ispitivanje izolacije na luk snage u Češkoj - Behovice.



Slika 14.



Slika 15.



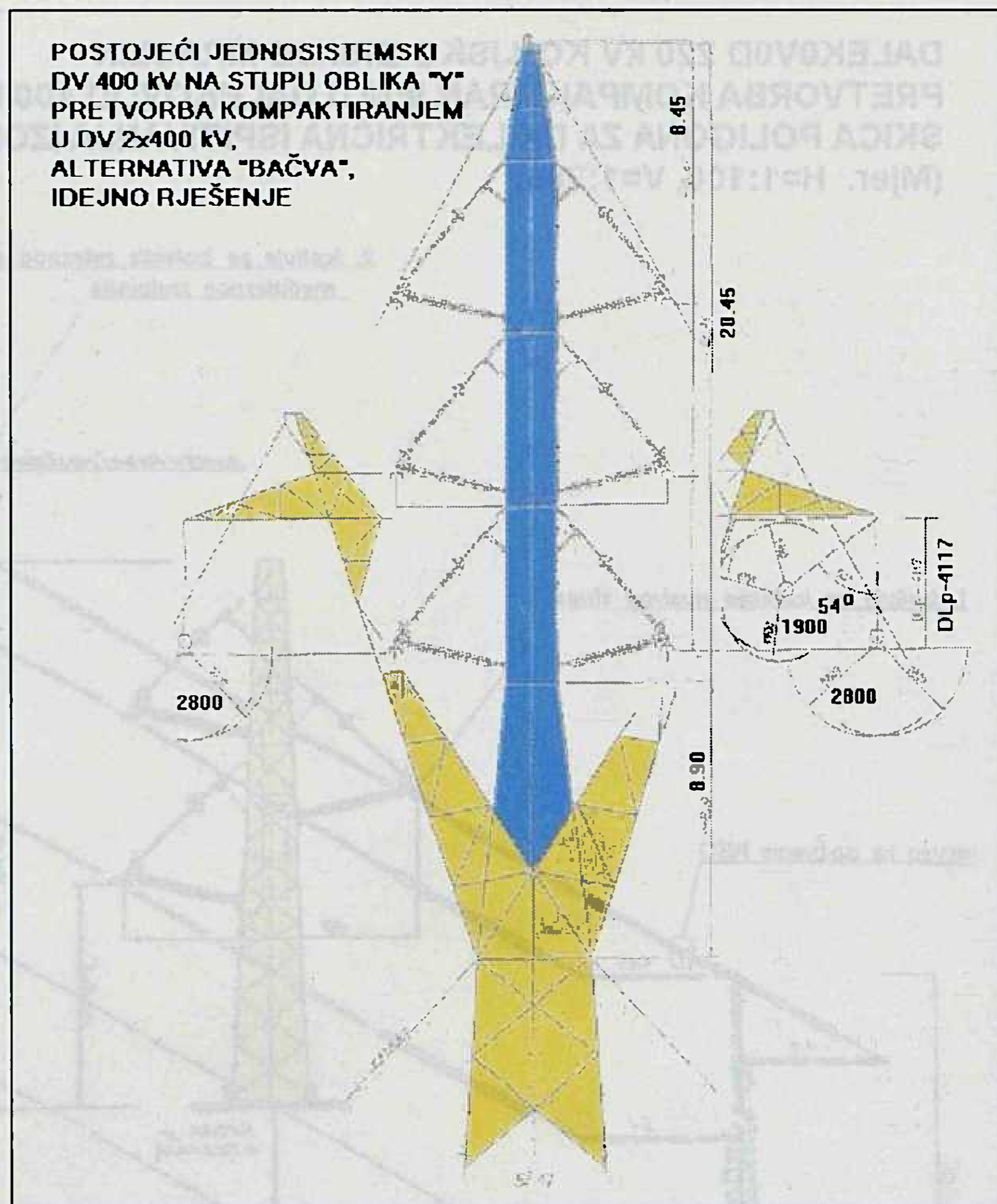
Slika 16. Koridor dva sistema uži od koridora za jedan sistem. Neznatno povišenje stupova, optimalni graditeljski radovi.

pretpostavke za kvantitativnu analizu nesimetričnih opterećenja i predložene su konkretne mjere projektantskih postupaka za otklanjanje posljedica nesimetričnih opterećenja i projektiranje pretvorbe DV 220 kV u DV 400 kV pri najtežim klimatskim uvjetima.

Prošle godine za HEP izrađena su idejna rješenja pretvorbe postojećeg dalekovoda 220 kV "Konjsko-Brinje-Mraclin" u DV 400 kV (sl. 9, 10, 11 i 18). Pokazalo se da se primjenom pokretnih konzola, kompaktiranjem i adekvatnim rješavanjem nesimetričnih opterećenja te nužnom stabilizacijom stupova i temelja, projekt može pouzdano i optimalno izvesti u skladu s važećim pravilnikom i normama IEC. Radi smanjenja jalovih i radnih gubitaka te gubitaka korone, kao i radi povećanja prirodne i znatnog povećanja termičke snage dalekovoda, idejnim rješenjima predložena je primjena 3 užeta po vodiču.

Za primjenu tehnologije kompaktiranja nužna bi bila tipska ispitivanja (dielektrična, mehanička i luka snage) za napon 110 kV i 400 kV. Ispitni poligoni i postupci prikazani su na slikama 7, 8 i 12.

Potrebno bi bilo naglasiti da pokretna konzolna izolacija uz primjenu koordinacije izolacije, predstavlja i bolje dielektrično rješenje te povoljnije odolijeva mehaničkim opterećenjima. Uz suženje trase, sniženje stupova, eliminaciju diferencijalnog vlaka te rasterećenje stupova i temelja, kao i ekološke, sigurnosne i estetske prednosti, pokretna konzolna izolacija predstavlja povoljno rješenje za rekonstrukciju i gradnju dalekovoda.



Slika 17. Znatno suženje koridora. Zbog povišenja nešto veći graditeljski radovi.

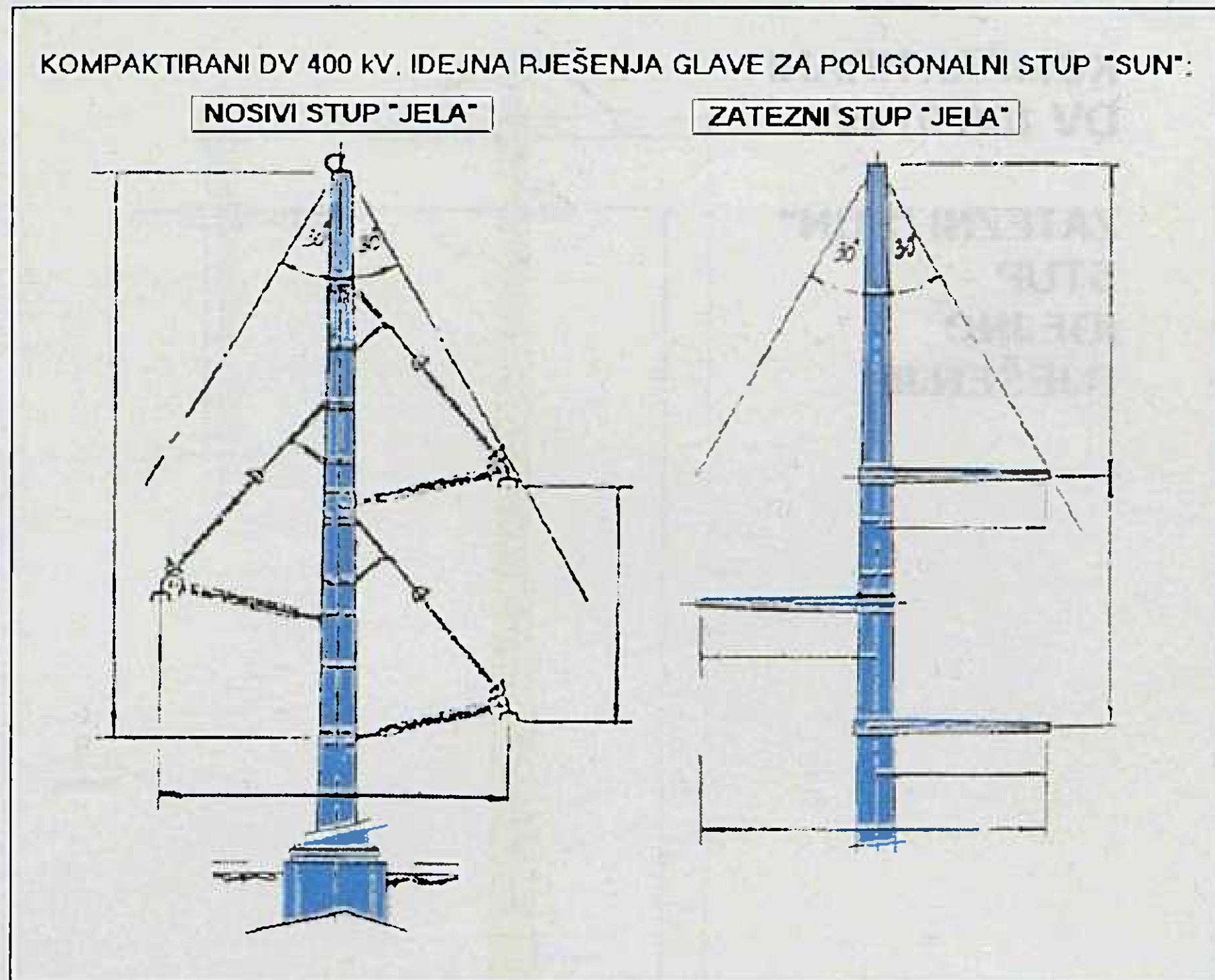
Potrebno bi bilo uzeti u obzir mogućnosti kompaktiranja prilikom rekonstrukcije postojećih i gradnje novih dalekovoda.

LITERATURA

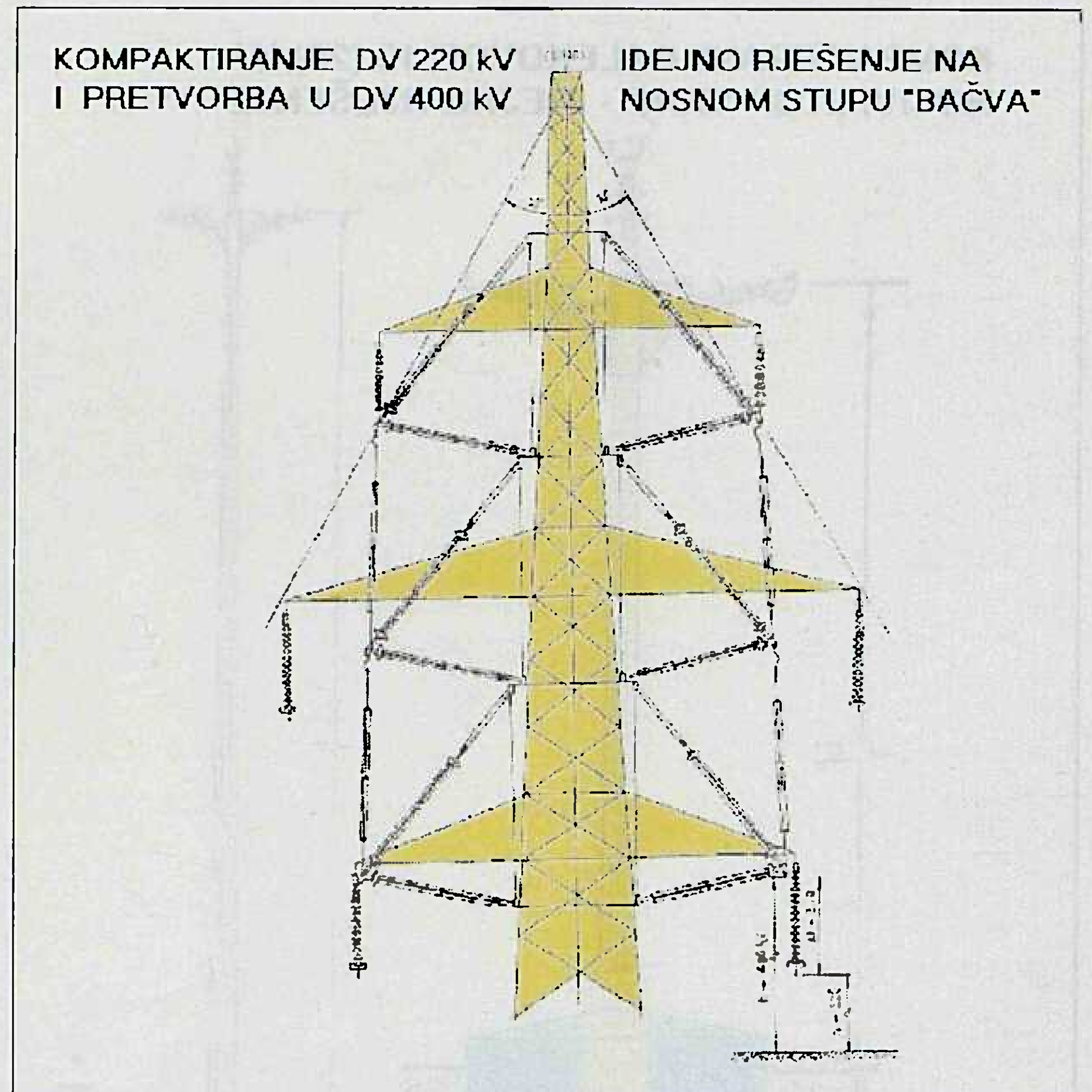
- [1] "SEDIVER 60-400kV", Mechanical Application Guide for Composite Line Post Insulators, Ref. TG 95003, France, 1991.
- [2] I. UGLEŠIĆ, T. FANCEV, D. GRGIĆ: "Provjera osnovnih električkih i mehaničkih parametara i svojstava odabranih glava pri pretvorbi DV 220 kV Konjsko-Brinje-Mraclin u DV 400 kV", Enconet Int. d.o.o, ST-DAL-001/00-OPP-IP1, Zagreb, 2000.
- [3] I. UGLEŠIĆ, T. FANCEV, D. GRGIĆ, I. GROZDANIĆ: "Provjere osnovnih električkih i mehaničkih svojstava kompaktiranih glava dalekovodnih stupova", V savjetovanje HK Cigre, 4-8. studenog 2001, Cavtat.

ACHIEVEMENT REVIEW OF COMPACTING TECHNOLOGY

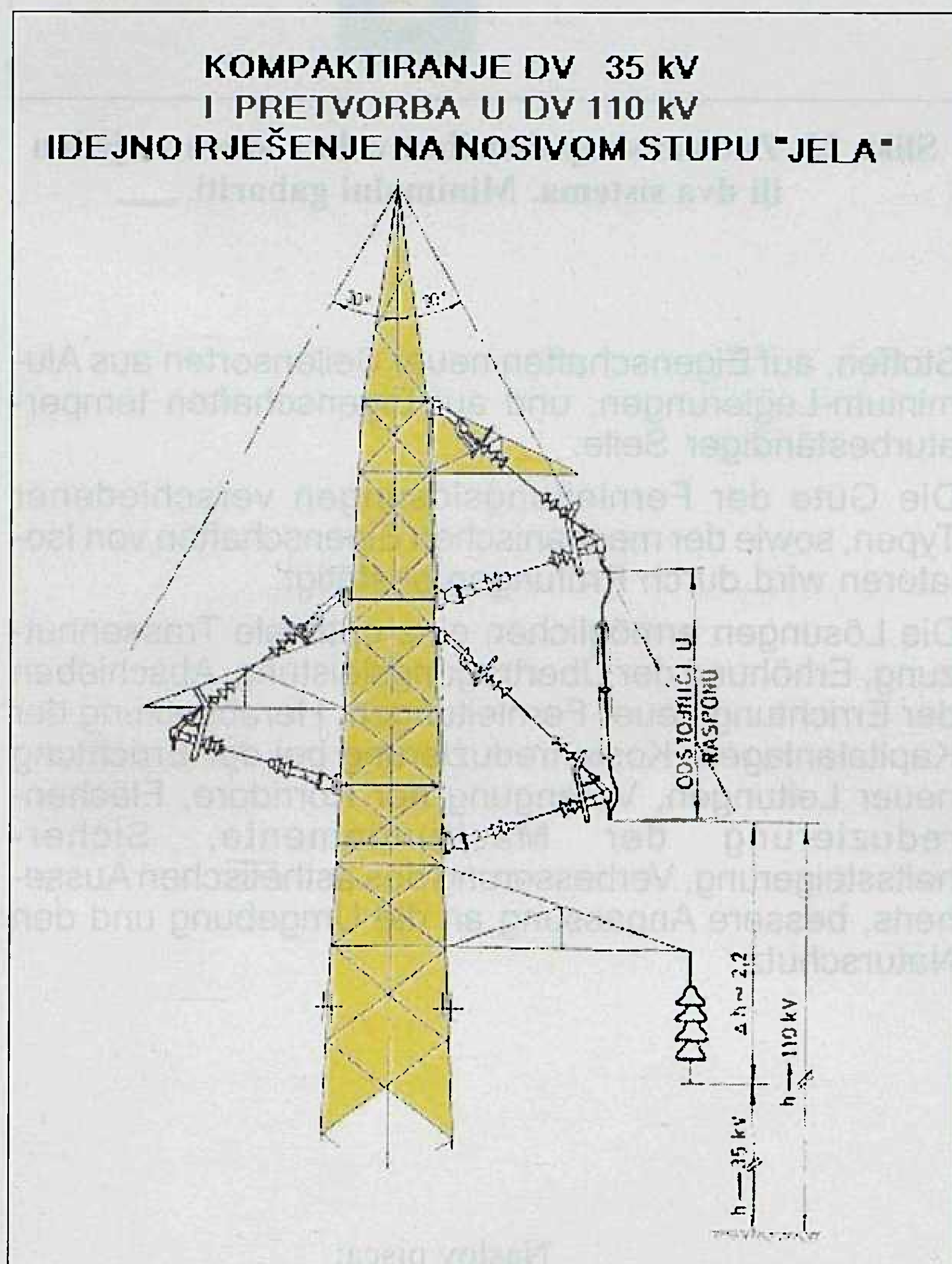
Following solutions (Procedures) are achieved: transformation from low voltage overhead lines to high voltage, construction of new small-dimension overhead lines (single system, multi system, multi voltage) and transformation from single to double system overhead line. Solutions can be realised on the existing and new typical and other towers, single system type "needle" and "Y" and double system "fir-tree", "barrel" and "Danube". The solutions are based on the geometrical disposition of lines on the towers, on electro-mechanical characteristics of composed rod insulators, on the characteristics of new shielding wire from aluminium alloys as well as on the characteristics of thermal resistant shielding wire.



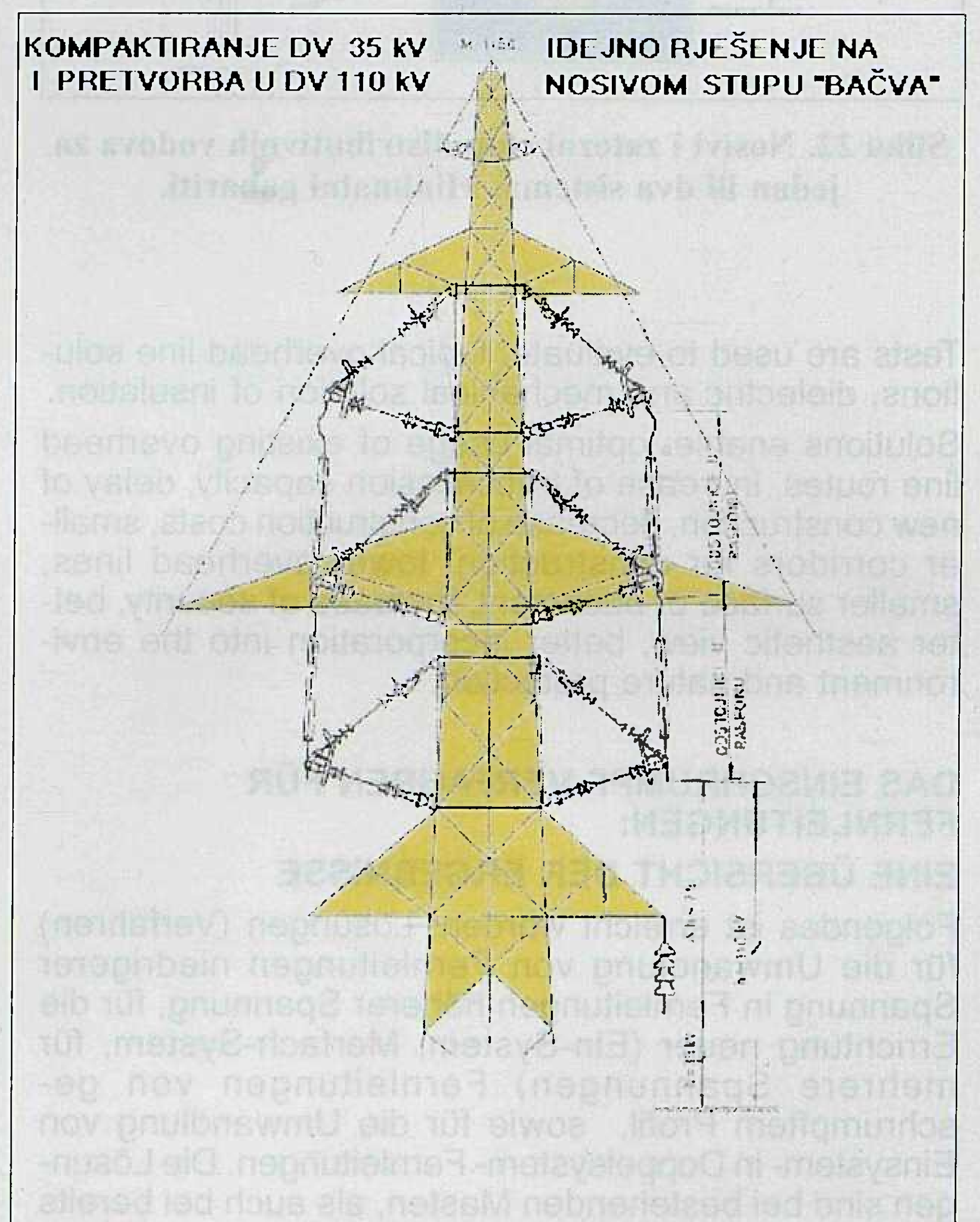
Slika 18. Geometrija glava širine $\approx 9.2\text{m}$



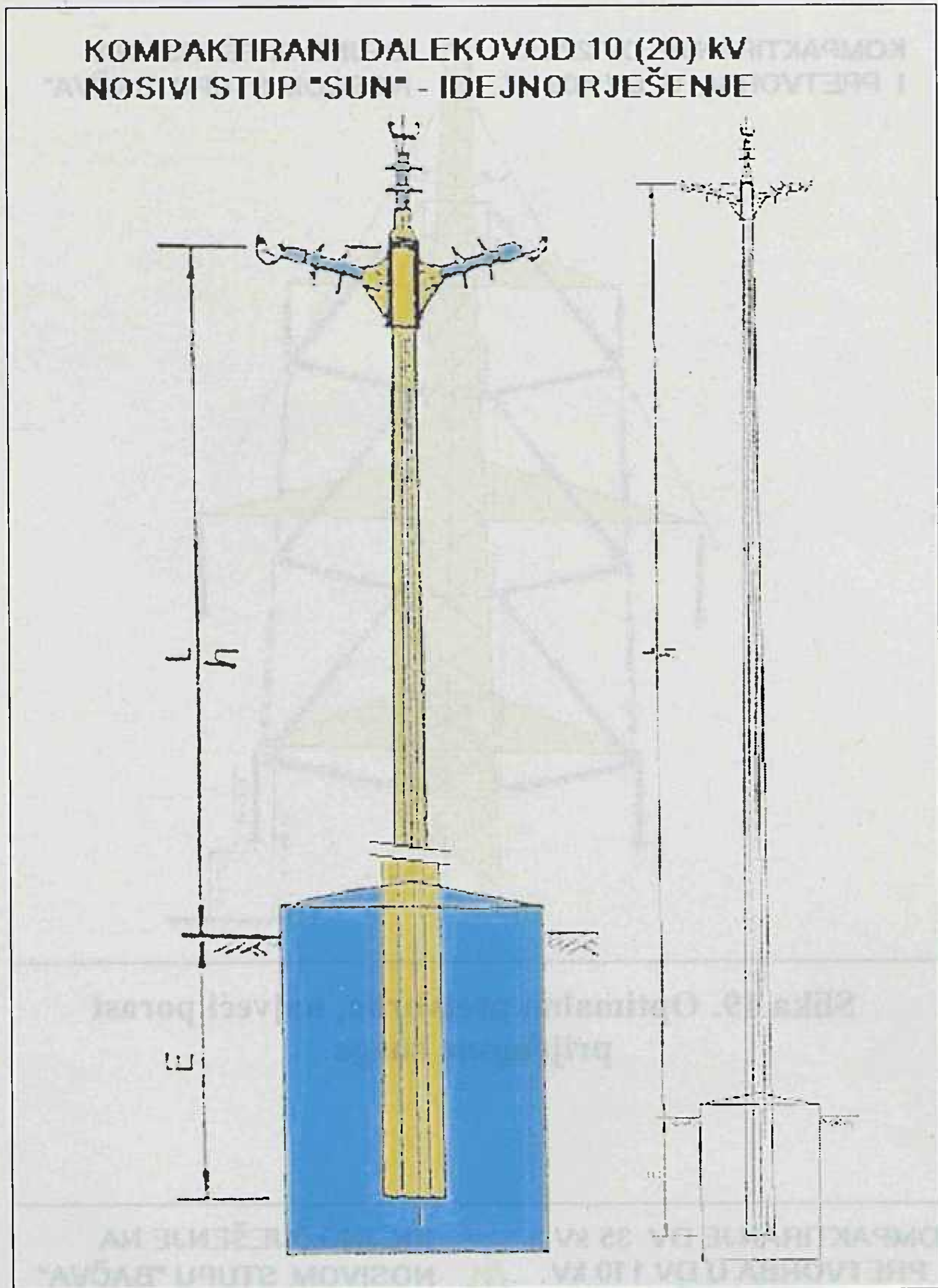
Slika 19. Optimalna pretvorba, najveći porast prijenosne snage



Slika 20. Optimalna pretvorba, najveći relativni porast prijenosne snage



Slika 21. Optimalna pretvorba, najveći relativni porast prijenosne snage



Slika 22. Nosivi i zatezni stup distributivnih vodova za jedan ili dva sistema. Minimalni gabariti.

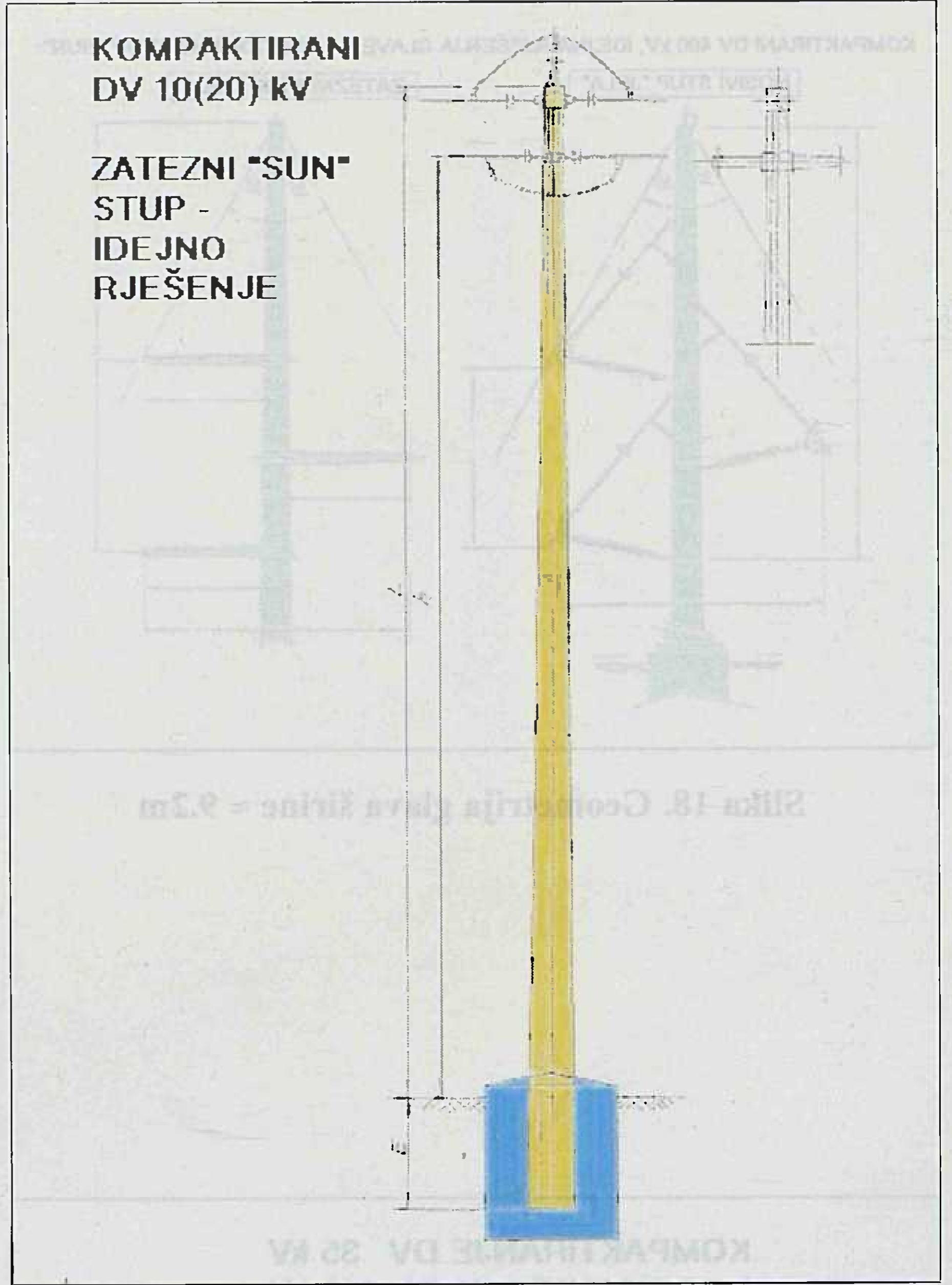
Tests are used to evaluate: typical overhead line solutions, dielectric and mechanical solution of insulation. Solutions enable: optimal usage of existing overhead line routes, increase of transmission capacity, delay of new construction, decrease of construction costs, smaller corridors for construction, lower overhead lines, smaller surface of basement, increase of security, better aesthetic view, better incorporation into the environment and nature protection.

DAS EINSCHRUMPF-VERFAHREN FÜR FERNLEITUNGEN:

EINE ÜBERSICHT DER ERGEBNISSE

Folgendes ist erreicht worden: Lösungen (Verfahren) für die Umwandlung von Fernleitungen niedrigerer Spannung in Fernleitungen höherer Spannung, für die Errichtung neuer (Ein-System, Mehrfach-System, für mehrere Spannungen) Fernleitungen von geschrumpftem Profil, sowie für die Umwandlung von Einsystem- in Doppelsystem- Fernleitungen. Die Lösungen sind bei bestehenden Masten, als auch bei bereits typisierten oder noch nicht typisierten Neuentwicklungen durchführbar, und zwar bei Masten für Einzelleitungen vom Typ „Nadel“, und „Y“ und Masten für Doppelleitungen, vom Typ „Tanne“, „Fass“ und „Donau“.

Die Lösungen beruhen auf geometrischer Verteilung von Seilen an den Masten, auf elektromechanischen Eigenschaften stabförmiger Isolatoren aus kompositen



Slika 23. Zatezni skup distributivnih vodova za jedan ili dva sistema. Minimalni gabariti.

Stoffen, auf Eigenschaften neuer Seilensorten aus Aluminium-Legierungen, und auf Eigenschaften temperaturbeständiger Seile.

Die Güte der Fernleitungslösungen verschiedener Typen, sowie der mechanischen Eigenschaften von Isolatoren wird durch Prüfungen bestätigt.

Die Lösungen ermöglichen eine optimale Trassennutzung, Erhöhung der Übertragungsleistung, Abschieben der Errichtung neuer Fernleitungen, Herabsetzung der Kapitalanlagen, Kostenreduzierung bei der Errichtung neuer Leitungen, Verengung der Korridore, Flächenreduzierung der Mastfundamente, Sicherheitssteigerung, Verbesserung des ästhetischen Aussehens, bessere Anpassung an die Umgebung und den Naturschutz

Naslov pisca:

Ivan Grozdanić, dipl. ing.
“Dalekovod” d.d. – Zagreb
Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2002 – 06 – 03.